



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELLIN SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM STRUKTUR *BUCKLING
RESTRAINED BRACED FRAMES* (BRBF)**

FANNY RAMADHAN
NRP. 03111440000061

Dosen Pembimbing I
Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELLIN SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM STRUKTUR *BUCKLING
RESTRAINED BRACED FRAMES* (BRBF)**

FANNY RAMADHAN
NRP. 03111440000061

Dosen Pembimbing I
Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



FINAL PROJECT (RC14-1501)

**MODIFICATION OF DESIGN STRUCTURE SWISS-
BELLIN HOTEL SURABAYA USING BUCKLING
RESTRAINED BRACED FRAMES (BRBF)
STRUCTURE**

FANNY RAMADHAN
NRP. 03111440000061

Academic Supervisor I
Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil, Environment, and Geo Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2019

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELLIN SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM STRUKTUR *BUCKLING
RESTRAINED BRACED FRAMES (BRBF)***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Struktur
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

FANNY RAMADHAN

NRP. 031114 4000 0061

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Budi Suswanto, S.E., M.T., Ph.D. (Pembimbing I)



**SURABAYA
JANUARI, 2019**

**MODIFIKASI PERENCANAAN STUKTUR GEDUNG
HOTEL SWISS-BELLIN SURABAYA MENGGUNAKAN
SISTEM STRUKTUR *BUCKLING RESTRAINED BRACED
FRAMES (BRBF)***

Nama Mahasiswa : Fanny Ramadhan
NRP : 031114 4000 0061
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing : Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Abstrak

Gedung Hotel Swiss-Bellin Surabaya yang terdiri dari 15 lantai dan 1 basement pada awalnya didesain dengan menggunakan struktur beton bertulang. Padahal, berdasarkan tataan seismotektoniknya, Pulau Jawa merupakan bagian dari satuan seismotektonik busur sangat aktif dan Surabaya adalah salah satu kota di Pulau Jawa yang dilewati oleh sesar geser aktif dan berpotensi gempa bumi > 5 skala richter.

*Oleh karena itu perlu diupayakan perampingan konstruksi strukturnya yaitu dengan memodifikasi struktur bangunan tersebut dengan menggunakan struktur komposit baja-beton dengan sistem stuktur *Buckling Restrained Braced Frames (BRBF)*. Sistem *BRBF* adalah salah satu inovasi untuk menyelesaikan masalah tekuk yang dialami bresing yang mengalami gaya tekan pada sistem *CBF* karena dapat mempunyai kemampuan menahan tekan maupun tarik yang sama. Konfigurasi *BRBF* yang digunakan yaitu konfigurasi *inverted-V braced*. Struktur gedung akan dimodelkan menggunakan program bantu *ETABS 2016* dan direncanakan dengan memenuhi persyaratan keamanan struktur berdasarkan *SNI 2847:2013, SNI 1729:2015, SNI 1726:2012, PPIUG 1983, dan Seismic Provision AISC.**

Dari hasil perhitungan, diperoleh hasil sebagai berikut: tebal pelat lantai bondek terbesar 12 cm, tebal pelat lantai beton 15 cm dimensi balok anak terbesar WF 450 x 300 x 10 x 15, dimensi balok anak beton 40/55 cm, balok induk WF 700 x 300 x 13 x 24, chasing bresing BRB HSS 250 x 250 x16, tebal baja inti BRB 15 mm, dimensi kolom terbesar CFT 700 x 700 x 28, balok induk beton 50/75 cm, kolom beton 100/100 cm, tebal pelat basement 22 cm, dimensi sloof 45/65 cm, dan pondasi tiang pancang diameter 60 cm dengan kedalaman 28 m.

Kata kunci : Modifikasi, Struktur Baja, Buckling Restrained Braced Frames, Inverted-V Braced, Kolom CFT.

**MODIFICATION OF DESIGN STRUCTURE SWISS-
BELLIN HOTEL SURABAYA USING BUCKLING
RESTRAINED BRACED FRAMES (BRBF) STRUCTURE**

Nama Mahasiswa : Fanny Ramadhan
NRP : 031114 4000 0061
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing : Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Abstract

The Swiss-Bellin Hotel Building in Surabaya which consists of 15 floors and 1 basement was originally designed using reinforced concrete structures. In fact, based on its seismotectonic settings, Java Island is part of a very active seismotectonic arc unit and Surabaya is one of the cities on the island of Java which was traversed by active and potentially earthquake shear faults > 5 on the Richter scale.

Therefore, it is necessary to streamline its structural construction by modifying the structure of the building using steel-concrete composite structures with a Buckling Restrained Braced Frames (BRBF) structural system. The BRBF system is one of the innovations to solve the buckling problems experienced by bracing which experience compressive forces on CBF systems because they can have the same capacity to resist compression and tension force. The BRBF configuration used is the inverted-V braced configuration. The building structure will be modeled using the ETABS 2016 auxiliary program and planned to meet the structural security requirements based on SNI 2847: 2013, SNI 1729: 2015, SNI 1726: 2012, PPIUG 1983, and Seismic Provision AISC.

From the results of calculations, the following results were obtained: the largest bondek floor plate thickness of 12 cm, 15 cm thick concrete slab, largest dimensions of the secondary beam WF 450 x 300 x 10 x 15, dimensions of secondary concrete beam 40/55

cm, main beam WF 700 x 300 x 13 x 24, BRB HSS 250 x 250 x16 brackets, 15 mm BRB core thickness, largest column dimension is CFT 700 x 700 x 28, 50/75 cm concrete beam, 100/100 cm concrete column, basement plate thickness 22 cm, sloof dimensions 45/65 cm, and pile foundation 60 cm in diameter with 28 m depth.

Keywords : Modification, Steel Structure, Buckling Restrained Braced Frames, Inverted-V Braced, Composite Column.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat, taufiq serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Swiss-Bellin Surabaya Menggunakan Sistem Struktur *Buckling Restrained Braced Frames* (BRBF)” ini tepat pada waktunya.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis tidak berjuang sendiri, melainkan banyak pihak yang membantu penulis secara langsung ataupun tidak langsung dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini. Maka dari itu dengan rasa hormat dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Budi Suswanto, S.T.,M.T.,Ph.D., selaku dosen pembimbing atas ilmu dan bimbingan dalam pengerjaan dan penyelesaian Tugas Akhir ini
2. Orang tua Penulis, Bapak Ribut Prapto Yuono dan Ibu Yunia Fauziah atas do'a, dukungan, serta motivasi.
3. Segenap dosen jurusan Teknik Sipil ITS yang telah memberi ilmu dan masukan selama masa perkuliahan.
4. Teman-teman jurusan Teknik Sipil ITS Angkatan 2014 yang telah memberi dukungan dan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa pengerjaan Tugas Akhir ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran dari pembaca demi kebaikan untuk ke depannya. Diharapkan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat baik bagi penulis sendiri maupun untuk khalayak umum.

Surabaya, Januari 2019

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.2.1 Rumusan Masalah Umum	3
1.2.2 Rumusan Masalah Khusus	3
1.3 Tujuan	4
1.3.1 Tujuan Umum.....	4
1.3.2 Tujuan Khusus.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Sistem Pengaku Bresing.....	7
2.2 <i>Buckling Restrained Braced Frames</i> (BRBF).....	8
2.2.1 Kelebihan <i>Buckling Restrained Braced Frames</i> (BRBF)	13
2.2.2 Perhitungan Kekuatan <i>Buckling Restrained Braced</i> Frames (BRBF).....	14

2.2.3 Sistem Penahan Tekuk	15
2.2.4 Perhitungan <i>Adjusted Brace Strenght</i>	15
2.2.5 Sambungan Bresing.....	17
2.3 Struktur Komposit	17
2.3.1 Balok Komposit.....	18
2.3.2 Kolom Komposit	19
2.4 Sambungan.....	21
2.4.1 Tipe Sambungan.....	22
2.4.2 Klasifikasi Sambungan Berdasar Rasio Tahanan Momen.....	22
BAB III METODOLOGI	25
3.1 Umum.....	25
3.2 Bagan Alir Perencanaan	25
3.3 Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir	26
3.3.1 Pengumpulan Data	26
3.3.2 Studi Literatur.....	27
3.3.3 <i>Preliminary Design</i>	28
3.3.4 Perhitungan Beban Struktur	29
3.3.5 Perencanaan Struktur Sekunder.....	37
3.3.6 Permodelan Struktur	38
3.3.7 Kontrol Desain dan Perencanaan Struktur Primer.....	38
3.3.8 Perencanaan Sambungan	51
3.3.9 Perencanaan <i>Base Plate</i>	54
3.3.10 Perhitungan Struktur Bawah.....	56
3.3.11 Penggambaran Teknik	63

BAB IV HASIL PERENCANAAN	65
4.1 <i>Preliminary Design</i>	65
4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok Induk Beton	65
4.1.2 Perencanaan Dimensi Balok Anak Beton	65
4.1.3 Perencanaan Dimensi Tebal Pelat Beton	66
4.1.4 Perencanaan Dimensi <i>Shearwall Basement</i>	67
4.2 Perencanaan Struktur Sekunder	68
4.2.1 Perencanaan Pelat Lantai Gedung	68
4.2.2 Perencanaan Balok Anak	75
4.2.3 Perencanaan Balok <i>Lift</i>	86
4.2.4 Perencanaan Tangga	92
4.3 Permodelan Struktur	107
4.3.1 Penjelasan Umum	107
4.3.2 Pembebanan Struktur Utama	109
4.3.3 Pembebanan Gempa Dinamis	116
4.3.4 Kombinasi Pembebanan	121
4.3.5 Kontrol Desain	122
4.4 Perencanaan Struktur Primer	136
4.4.1 Perencanaan Balok Induk	136
4.4.2 Perencanaan Kolom CFT	153
4.4.3 Perencanaan <i>Buckling Restrained Braced Frames</i> ..	162
4.4.4 Perencanaan Balok Induk Beton	167
4.5 Perencanaan Sambungan	173
4.5.1 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak Atap	173
4.5.2 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak Lantai....	176

4.5.3 Sambungan Balok Bordes dengan Balok Penumpu Tangga	179
4.5.4 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga	182
4.5.5 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom	184
4.5.6 Sambungan Balok Induk dengan Kolom	187
4.5.7 Sambungan Bresing	194
4.5.8 Sambungan Antar Kolom	201
4.5.9 Sambungan Kolom dengan <i>Base Plate</i>	203
4.6 Perencanaan Struktur Bawah	209
4.6.1 Perencanaan Kolom Beton	209
4.6.2 Perencanaan Sloof	213
4.6.3 Perencanaan Dinding Geser <i>Basement</i>	217
4.6.4 Perencanaan Dinding Penahan Tanah	220
4.6.5 Perencanaan Pelat Dasar <i>Basement</i>	227
4.6.6 Perencanaan Pondasi	232
4.6.7 Perencanaan <i>Pilecap (Poer)</i>	242
4.6.8 Penulangan Poer	247
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	253
5.1 Kesimpulan	253
5.2 Saran	258
DAFTAR PUSTAKA	259
LAMPIRAN	263

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa	31
Tabel 3.2 Faktor Keutamaan Gempa.....	34
Tabel 3.3 Koefisien Situs, F_a	35
Tabel 3.4 Koefisien Situs, F_v	36
Tabel 3.5 Tabel Pemilihan untuk Penggunaan Bab Pasal F.....	40
Tabel 3.6 Koefisien Harga α dan β	58
Tabel 4.1 Rekapitulasi Penulangan Pelat Atap	70
Tabel 4.2 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai	71
Tabel 4.3 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai 1	74
Tabel 4.4 Tabel Perhitungan N Rata-Rata.....	111
Tabel 4.5 Perhitungan Beban Mati Lantai.....	112
Tabel 4.6 Perhitungan Berat Bresing BRB.....	113
Tabel 4.7 Perhitungan Beban Mati Balok Baja.....	113
Tabel 4.8 Perhitungan Beban Mati Balok Beton.....	114
Tabel 4.9 Perhitungan Beban Mati Kolom.....	114
Tabel 4.10 Perhitungan Beban Hidup	115
Tabel 4.11 Beban Output Total (1D+1L) ETABS 2016	116
Tabel 4.12 Parameter Respon Gempa Wilayah Surabaya untuk Kelas Situs D.....	117
Tabel 4.13 Faktor R_a , C_{db} , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	118
Tabel 4.14 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda Pendek	120

Tabel 4.15 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda 1 Detik	121
Tabel 4.16 Rasio Partisipasi Massa ETABS 2016	123
Tabel 4.17 Periode dan Frekuensi Struktur	125
Tabel 4.18 Reaksi Dasar Struktur Program ETABS 2016	126
Tabel 4.19 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa X dan Y..	127
Tabel 4.20 Simpangan antar Lantai yang Terjadi Akibat Beban Gempa Arah X dan Y	129
Tabel 4.21 Kontrol Simpangan Arah X Akibat Gempa X	130
Tabel 4.22 Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Gempa Y	133
Tabel 4.23 Perhitungan Kontrol Tipe Ketidakberaturan Torsi Arah Gempa X	133
Tabel 4.24 Perhitungan Kontrol Tipe Ketidakberaturan Torsi Arah Gempa Y	134
Tabel 4.25 Reaksi Perletakan dan Persentase Gaya Geser yang Dipikul akibat Gempa Arah X dan Arah Y	135
Tabel 4.26 Gaya Dalam pada Kolom CFT Akibat Kombinasi Beban Gempa dan Beban Gravitasi.....	154
Tabel 4.27 Rekapitulasi Dimensi Kolom CFT	162
Tabel 4.28 Rekapitulasi Gaya yang Bekerja Pada Dinding Geser	217
Tabel 4.29 Rekapitulasi Penulangan Pelat Basement Akibat Uplift Air.....	230
Tabel 4.30 Rekapitulasi Penulangan Pelat Basement Akibat Beban Parkir.....	232
Tabel 4.31 Rekapitulasi Perhitungan Daya Dukung Tanah	236
Tabel 4.32 Rekapitulasi Nilai Ce dan Qgrup.....	238

Tabel 4.33 Rekapitulasi Perhitungan Pv berdasarkan Kombinasi Beban Poer Tipe 1	240
Tabel 4.34 Rekapitulasi Perhitungan Pv berdasarkan Kombinasi Beban Poer Tipe 2	240
Tabel 4.35 Rekapitulasi Perhitungan Pv berdasarkan Kombinasi Beban Poer Tipe 3	240
Tabel 4.36 Rekapitulasi Perhitungan Pv berdasarkan Kombinasi Beban Poer Tipe 4	241
Tabel 4.37 Rekapitulasi Perhitungan Pv berdasarkan Kombinasi Beban Poer Tipe 5	241
Tabel 4.38 Rekapitulasi Penulangan Poer	251

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) Pengujian pada CBF.....	9
Gambar 2.1 (b) Pengujian pada BRBF.....	9
Gambar 2.2 Bresing Sistem BRBF.....	10
Gambar 2.3 Elemen Bresing Sistem BRBF	10
Gambar 2.4 Gap antara Mortar dan Elemen Tahan Leleh.....	11
Gambar 2.5 Bentuk Penampang Bresing Sistem BRBF	13
Gambar 2.6 Diagram Gaya Perpindahan Batang	16
Gambar 2.7 Tipe Balok Komposit a) Balok Baja Berselubung Beton b) Balok Komposit dengan Penghubung Geser	18
Gambar 2.8 Profil Baja Berselubung Beton Penuh (Concrete Encased Steel Section)	19
Gambar 2.9 Profil Baja Berselubung Beton Sebagian (Partially Concrete Encased Steel Section).....	20
Gambar 2.10 Profil Baja Hollow Berisikan Beton (Concrete Filled Tube).....	21
 Gambar 3.1 Bagan Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir.	26
Gambar 3.2 SS Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCER) Kelas Situs SB.....	34
Gambar 3.3 S1 Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget Kelas Situs SB.....	35
Gambar 3.4 Penampang Baseplate	55
Gambar 3.5 Kontrol Geser Pons pada Poer Akibat Beban Kolom	60
Gambar 3.6 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Tiang Pancang	62

Gambar 4.1 Potongan Penampang Balok Induk T 50/75 cm	66
Gambar 4.2 Pelat Lantai Atap	68
Gambar 4.3 Penulangan Pelat Atap.....	69
Gambar 4.4 Pelat Lantai Hotel	70
Gambar 4.5 Penulangan Pelat Lantai	71
Gambar 4.6 Pelat Lantai 1	72
Gambar 4.7 Balok Anak Lantai Atap.....	72
Gambar 4.8 Balok Anak Lantai Hotel.....	79
Gambar 4.9 Balok Anak yang Ditinjau Pada Lantai 1	82
Gambar 4.10 Gaya Dalam Balok Anak Beton	84
Gambar 4.10 Denah Lift.....	86
Gambar 4.11 Potongan Melintang Lift.....	87
Gambar 4.12 Model Pembebanan Balok Penggantung Lift	88
Gambar 4.13 Diagram Momen Balok Penggantung Lift	90
Gambar 4.14 Denah Tangga.....	93
Gambar 4.15 Potongan Tangga	94
Gambar 4.16 Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga	98
Gambar 4.17 Bidang M Balok Utama Tangga.....	99
Gambar 4.18 Bidang D Balok Utama Tangga.....	100
Gambar 4.19 Bidang N Balok Utama Tangga.....	101
Gambar 4.20 Sketsa Pembebanan Balok Penumpu Tangga.....	104
Gambar 4.21 Denah Modifikasi Struktur Hotel Swiss-Bellin Surabaya	107
Gambar 4.22 Permodelan Struktur Gedung Hotel Swiss-Bellin Surabaya dengan Program Bantu ETABS 2016.....	109

Gambar 4.23 Fungsi Respon Spektrum Tanah Situs D Surabaya	119
Gambar 4.24 Load Case Gempa Dinamis Arah X	119
Gambar 4.25 Load Case Gempa Dinamis Arah Y	120
Gambar 4.26 Kombinasi Pembebanan pada ETABS 2016	121
Gambar 4.27 Faktor Pembesaran Torsi (A_x)	132
Gambar 4.28 Balok Induk Arah X yang Ditinjau Pada Lantai 3	136
Gambar 4.29 Gaya Dalam Balok Induk Arah X Sebelum Komposit	137
Gambar 4.30 Lendutan pada Balok Induk Arah X Sebelum Komposit	139
Gambar 4.31 Gaya Dalam Balok Induk Arah X Setelah Komposit	140
Gambar 4.32 Gaya Pada Balok Komposit Akibat Momen Positif	142
Gambar 4.33 Lendutan pada Balok Induk Arah X Setelah Komposit	142
Gambar 4.34 Balok Induk Arah Y yang Ditinjau Pada Lantai 6	145
Gambar 4.35 Gaya Dalam Balok Induk Arah Y Sebelum Komposit	146
Gambar 4.36 Lendutan pada Balok Induk Arah Y Sebelum Komposit	148
Gambar 4.37 Gaya Dalam Balok Induk Arah Y Setelah Komposit	149
Gambar 4.38 Gaya Pada Balok Komposit Akibat Momen Positif	150

Gambar 4.39 Lendutan pada Balok Induk Arah Y Setelah Komposit	151
Gambar 4.40 Gaya Dalam pada Kolom CFT Akibat Beban Gravitasi Pada Bentang 3,3 m	154
Gambar 4.41 Gaya Dalam pada Kolom CFT Akibat Beban Gravitasi Pada Bentang 0 m	155
Gambar 4.42 Gaya Dalam pada Kolom CFT Akibat Beban Gempa X	155
Gambar 4.43 Gaya Dalam pada Kolom CFT Akibat Beban Gempa Y	156
Gambar 4.44 Penampang Melintang Kolom CFT	161
Gambar 4.45 Penampang BRB	163
Gambar 4.46 Backbone Curve	166
Gambar 4.47 Balok Induk yang Ditinjau Pada Lantai 1	168
Gambar 4.48 Gaya Dalam Balok Induk Beton.....	169
Gambar 4.49 Sambungan Pada Badan Balok Anak Atap	174
Gambar 4.50 Sambungan Pada Badan Balok Induk Atap.....	174
Gambar 4.51 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak Atap	176
Gambar 4.52 Sambungan Pada Badan Balok Anak Lantai	177
Gambar 4.53 Sambungan Pada Badan Balok Induk Lantai	177
Gambar 4.54 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak Lantai	179
Gambar 4.55 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga.....	181
Gambar 4.56 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga.....	182

Gambar 4.57 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak Atap	184
Gambar 4.58 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom	185
Gambar 4.59 Detail Pelat Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom	186
Gambar 4.60 Tampak Atas Sambungan Balok Induk dengan Kolom.....	188
Gambar 4.61 Tampak Samping Sambungan Balok Induk dengan Kolom.....	188
Gambar 4.62 Detail Pelat Sambung Pada Badan Balok Induk..	190
Gambar 4.63 Detail Diaphragm Plate Pada Sayap Balok	194
Gambar 4.64 Sambungan Bresing dengan Kolom	195
Gambar 4.65 Detail Pelat Sambung Pada Sayap Balok	199
Gambar 4.66 Sambungan Bresing dengan Balok.....	201
Gambar 4.67 Tampak Samping Sambungan Antar Kolom.....	201
Gambar 4.68 Tampak Atas Sambungan Antar Kolom.....	202
Gambar 4.69 Tampak Samping Sambungan Kolom dengan Base Plate.....	204
Gambar 4.70 Tampak Atas Sambungan Kolom dengan Base Plate	204
Gambar 4.71 Diagram Interaksi Kolom 100/100 cm	210
Gambar 4.72 Hasil Penulangan Aplikasi spColumn	211
Gambar 4.73 Penulangan Kolom Beton.....	213
Gambar 4.74 Diagram Interaksi Sloof 45/65	215
Gambar 4.75 Hasil Penulangan Program Bantu spColumn	215
Gambar 4.76 Penulangan Sloof.....	217

Gambar 4.77 Penulangan Shearwall Basement.....	220
Gambar 4.78 Tampak Samping Dinding Penahan Tanah	221
Gambar 4.79 Sketsa Gaya yang Bekerja Pada Dinding Penahan Tanah.....	223
Gambar 4.80 Pelat Basement	227
Gambar 4.81 Denah Pondasi	233
Gambar 4.82 Pilecap (Poer) Tipe 1	242
Gambar 4.83 Area Kritis Geser Akibat Kolom	243
Gambar 4.84 Area Kritis Geser Akibat Gaya Geser Satu Arah	245
Gambar 4.85 Area Kritis Geser Akibat 1 Tiang Pancang	246
Gambar 4.86 Analisa Poer Sebagai Kantilever	248
Gambar 4.87 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu X)	248
Gambar 4.88 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu Y)	250

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Surabaya adalah salah satu kota di Indonesia dengan perkembangan bisnis yang cukup pesat. Pembangunan infrastruktur yang terkait dengan sarana dan prasarana penunjang perekonomian juga berkembang dengan cepat. Selain itu Surabaya merupakan kota terbesar kedua di Indonesia sehingga banyak usaha yang berkembang seperti kuliner, properti, dan perhotelan. Bisnis perhotelan memiliki pertumbuhan bisnis yang baik dan memberikan kontribusi untuk perekonomian Indonesia. Salah satu alasan semakin meningkatnya persaingan industri perhotelan di suatu daerah adalah karena meningkatnya sektor pariwisata dan perdagangan. Ketika tingkat pariwisata dan perekonomian semakin baik, maka akan menarik pengunjung yang berasal dari luar untuk singgah ke Surabaya baik untuk sekedar berwisata atau untuk melakukan perjalanan bisnis. Oleh karena itu dibangun gedung Hotel Swiss-Bellin di kota Surabaya.

Gedung Hotel Swiss-Bellin yang memiliki 15 lantai ini seluruhnya menggunakan struktur beton bertulang. Sedangkan, berdasarkan tataan seismotektoniknya, Pulau Jawa merupakan bagian dari satuan seismotektonik busur sangat aktif dan Surabaya adalah salah satu kota di Pulau Jawa yang dilewati oleh sesar geser aktif dan berpotensi gempa bumi > 5 skala richter dengan kedalaman gempa < 30 km (Soehaimi, 2008). Oleh karena itu, penggunaan struktur beton bertulang pada gedung Hotel Swiss-Bellin cukup beresiko karena jarak antara Selat Sunda dan kota Surabaya cukup dekat yaitu kurang lebih 125 km. Salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan gempa tersebut adalah menggunakan sistem rangka *Buckling Restrained Braced Frames* (BRBF) dengan struktur baja penahan gempa. Karena baja yang

memiliki sifat daktail, konstruksi baja akan secara alami mempunyai sifat tahan gempa, bahkan tanpa perlu diberikan perlakuan khusus sekalipun. Hal ini berbeda dibanding konstruksi beton bertulang yang memerlukan detail penulangan yang khusus (Dewobroto, 2015).

Sistem Rangka Bresing Tahan Tekuk (*Buckling Restrained Braced Frames*) merupakan pengembangan dari Sistem Rangka Bresing Konsentris (*Concentrically Braced Frames*). Sistem BRBF merupakan inovasi untuk menyelesaikan masalah tekuk yang dialami bresing yang mengalami gaya tekan pada sistem CBF, karena apabila terjadi tekuk, elemen struktur tidak dapat bekerja kembali seperti yang diharapkan dan daktilitas pada material baja tidak dapat dimanfaatkan secara optimal (Andarini dan Moestopo, 2013). Sistem struktur BRBF berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang bekerja pada suatu portal sehingga dapat meminimalisir deformasi horizontal dan simpangan (*drift*) yang terjadi (Badrauddin, Suswanto, dan Soegihardjo, 2013). Sistem BRBF yang akan digunakan adalah tipe *inverted-V braced*, hal ini dipilih karena konfigurasi bresing tersebut memiliki geometri yang simetris sehingga terhindar dari masalah *full moment connection* pada kolom.

Pada perencanaan modifikasi Tugas Akhir ini juga digunakan struktur komposit baja beton pada kolom. Perencanaan struktur komposit mengasumsi bahwa baja dan beton bekerja sama dalam memikul beban yang bekerja, sehingga akan menghasilkan desain profil yang lebih ekonomis. Struktur komposit memanfaatkan kelebihan dari beton yang kuat terhadap tekan dan baja yang kuat terhadap tarik bekerja bersama-sama sebagai satu kesatuan. Selain itu itu struktur komposit juga mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya adalah lebih kuat dan lebih kaku dari pada struktur non-komposit (Lahamukang dkk, 2014). Tipe struktur komposit yang akan digunakan pada balok adalah balok komposit dengan penghubung geser (*shear connector*), sedangkan

pada kolom adalah tipe profil baja berisikan beton (*concrete filled tube*). Kolom komposit tipe *concrete filled tube* (CFT) ini memiliki daktilitas yang tinggi dan memiliki dimensi yang ramping. Kolom tipe ini memiliki keunggulan menahan gaya momen biaksial (Hanswille, 2008).

Dengan mempertimbangkan berbagai kelebihan dari material baja, penggunaan BRBF serta struktur komposit baja beton pada kolom, maka dalam Tugas Akhir ini, akan direncanakan modifikasi gedung Hotel Swiss-Bellin di kota Surabaya. Struktur utama gedung yang sebelumnya adalah beton bertulang akan dimodifikasi menggunakan sistem struktur *Buckling Restrained Braced Frames* (BRBF) serta menggunakan struktur komposit baja-beton pada kolomnya. Oleh karena itu diajukan judul “Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Swiss-Bellin Surabaya Menggunakan Sistem Struktur *Buckling Restrained Braced Frames* (BRBF)” sebagai Tugas Akhir

1.2 Rumusan Masalah

1.2.1 Rumusan Masalah Umum

Rumusan masalah umum dari Tugas Akhir ini adalah bagaimana merencanakan modifikasi Hotel Swiss-Bellin dengan menggunakan sistem struktur *Buckling Restrained Braced Frames* (BRBF) ?

1.2.2 Rumusan Masalah Khusus

Rumusan masalah khusus dari Tugas Akhir ini, antara lain :

1. Bagaimana menentukan *preliminary design* penampang elemen struktur Hotel Swiss-Bellin Surabaya?
2. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak, dan tangga?
3. Bagaimana merencanakan struktur primer yang meliputi balok induk dan kolom?

4. Bagaimana merencanakan *Buckling Restrained Braced Frames* (BRBF) dengan konfigurasi rangka *inverted-V braced* ?
5. Bagaimana memodelkan dan menganalisis struktur dengan menggunakan program bantu ETABS?
6. Bagaimana merencanakan sambungan pada struktur?
7. Bagaimana merencanakan struktur bawah yang meliputi *basement* dan tiang pancang yang sesuai dengan keadaan tanahnya?
8. Bagaimana mengilustrasikan hasil perencanaan struktur dalam gambar teknik dengan program bantu AutoCad?

1.3 Tujuan

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari Tugas Akhir ini adalah merencanakan modifikasi gedung Hotel Swiss-Bellin menggunakan sistem struktur *Buckling Restrained Braced Frames* (BRBF).

1.3.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari Tugas Akhir ini, antara lain :

1. Menentukan *preliminary design* penampang elemen struktur Hotel Swiss-Bellin.
2. Merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak, dan tangga.
3. Merencanakan struktur primer yang meliputi balok induk dan kolom.
4. Merencanakan *Buckling Restrained Braced Frames* (BRBF) dengan konfigurasi rangka *inverted-V braced*.
5. Memodelkan dan menganalisis struktur dengan menggunakan program bantu ETABS.
6. Merencanakan sambungan pada struktur.
7. Merencanakan struktur bawah yang meliputi *basement* dan tiang pancang yang sesuai dengan keadaan tanahnya.
8. Mengilustrasikan hasil perencanaan struktur dalam gambar teknik dengan program bantu AutoCad.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada Tugas Akhir ini, antara lain :

1. Perencanaan hanya dibatasi perhitungan struktur atas Hotel Swiss-Bellin dengan ketinggian 15 lantai dan 1 *basement*.
2. Konfigurasi BRBF yang digunakan pada portal adalah konfigurasi *inverted-V braced*.
3. Tidak menghitung analisa biaya dan waktu serta tidak membahas metode pelaksanaan konstruksi.
4. Tidak mempertimbangan sistem sanitasi, mechanical plumbing, utilitas bangunan, dan finishing.
5. Tidak meninjau dari segi arsitektur.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari modifikasi ini, antara lain :

1. Dapat merencanakan struktur baja yang memenuhi persyaratan dan peraturan yang berlaku.
2. Sebagai bahan rekomendasi dan pertimbangan untuk perencanaan struktur baja yang menggunakan sistem *Buckling Restrained Braced Frames* (BRBF).
3. Sebagai pembelajaran bagi perencanaan konstruksi yang menggunakan sistem *Buckling Restrained Braced Frames* (BRBF).
4. Memberi alternatif sistem struktur yang tahan gempa.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pengaku Bresing

Struktur baja merupakan salah satu sistem struktur tahan gempa dengan kinerja yang sangat baik, karena material baja mempunyai sifat daktilitas dan kekuatan yang tinggi. Dari hasil riset yang pernah dilakukan telah didapatkan 3 sistem struktur baja tahan gempa yang umum digunakan yaitu :

1. *Moment Resisting Frames* (MRF)

Sistem struktur MRF mempunyai kemampuan disipasi energi yang cukup besar untuk dapat memberikan sifat daktilitas pada struktur, tetapi sistem struktur ini kurang kaku sehingga memerlukan ukuran penampang yang lebih besar dan panel zone pelat ganda yang mahal untuk memenuhi persyaratan *drift* (Paulino, 2010).

2. *Concretically Braced Frames* (CBF)

Sistem rangka berpengaku konsentris (CBF) merupakan pengembangan dari sistem struktur Moment Resisting Frames (MRF). Sistem CBF dikembangkan sebagai sistem penahan gaya lateral dan memiliki kekakuan yang lebih baik dibanding MRF. Kekakuan sistem ini terjadi akibat adanya elemen pengaku yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral struktur. Sistem ini menerapkan penyerapan energi melalui pelelehan pelat buhul. Sistem ini daktilitasnya masih kurang begitu baik sehingga kegagalannya ditentukan oleh tekuk pada bresing.

3. *Eccentrically Braced Frames* (EBF)

Sistem struktur berpengaku eksentris (EBF) merupakan pengembangan dari dua sistem struktur penahan gaya lateral yang ada sebelumnya yaitu MRF dan CBF. Sistem ini dikembangkan untuk menyempurnakan sistem MRF dan

CBF, dimana sistem MRF memiliki nilai daktilitas dan kapasitas disipasi energi yang besar dan stabil namun memiliki kekakuan yang lebih rendah disisi lain CBF memiliki kekakuan yang lebih besar namun mempunyai kapasitas disipasi energi yang lebih rendah.

Sistem EBF dapat menggabungkan masing-masing keuntungan dari kedua sistem struktur tersebut, serta memperkecil kelemahan yang dimilikinya. Secara spesifik EBF mempunyai beberapa karakteristik antara lain :

- a. Mempunyai respon inelastik yang stabil di bawah pembebanan lateral siklik.
- b. Mempunyai kemampuan yang sangat baik dalam hal daktilitas dan disipasi energi.
- c. Mempunyai kekakuan elastik yang tinggi.

2.2 *Buckling Restrained Braced Frames (BRBF)*

Masalah tekuk menjadi perhatian dalam desain struktur. Tekuk menyebabkan hilangnya kekuatan tekan sehingga pengecekan kapasitas tekan dari suatu elemen struktur menjadi satu hal yang paling diperhatikan. Masalah tekuk pada bresing dapat diselesaikan apabila bresing memiliki ketahanan terhadap gaya tekan yang diterima. Khususnya pada struktur yang memikul beban gempa bolak balik. Hal ini diatasi dengan sistem *Buckling Restrained Braced Frames* (BRBF). Sistem rangka BRBF telah banyak digunakan di Amerika Serikat dan Jepang (Andarini & Moestopo, 2013).

Sistem struktur *Buckling Restrained Braced Frames* (BRBF) merupakan pengembangan dari sistem rangka pengaku konsentrik (CBF). Kelemahan dari pengaku-pengaku baja pada umumnya adalah kuat menahan gaya tarik namun tidak kuat dalam menahan gaya tekan. Sistem struktur *Buckling Restrained Braced Frames* (BRBF) adalah sistem pengaku yang memiliki beberapa kelebihan dibanding pengaku-pengaku lainnya, kelebihan yang

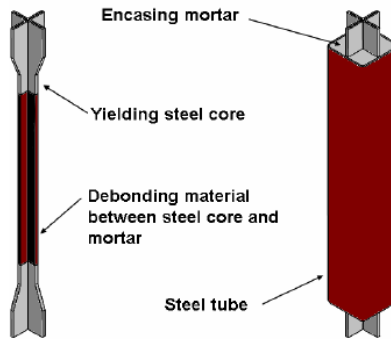
paling utama dari BRBF adalah mempunyai kemampuan menahan tekan maupun tarik yang sama. BRBF merupakan sistem kombinasi dari kekakuan yang tinggi (*high stiffness*) dan daktilitas yang tinggi (*high ductility*) sehingga mengakibatkan kemampuan BRBF untuk menahan tekan dan tarik hampir sama (Badrauddin, Suswanto, dan Soegihardjo, 2013).



Gambar 2.1 (a) Pengujian pada CBF (b) Pengujian pada BRBF

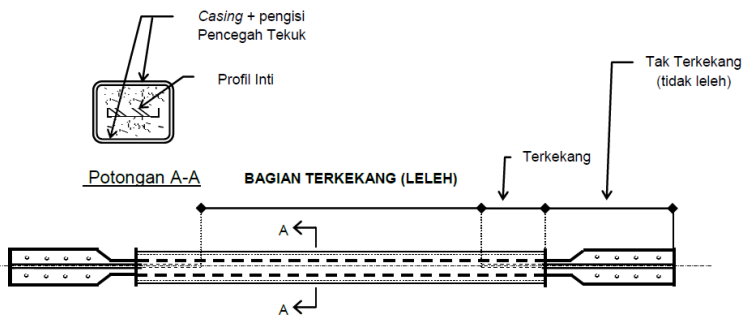
(Sumber : Deulkar & al, 2010)

Dalam upaya menyelesaikan masalah tekuk pada sistem rangka bresing konsentris (CBF), nilai kelangsingan yang dimiliki bresing direncanakan sekecil mungkin, agar nilai kekuatan bresing mendekati kekuatan lelehnya. Untuk mencapai kelangsingan yang kecil, luas penampang bresing diperbesar. Perbesaran luas penampang ini dilakukan dengan menambah selongsong di batang baja (yang diisi mortar atau beton). Batang baja dibiarkan memanjang dan memendek tanpa tekuk yang berarti. Pelelehan bresing merupakan proses disipasi energi yang diharapkan dalam sistem rangka BRBF (Andarini & Moestopo, 2013). Komponen bresing dari sistem BRBF terdiri dari 5 elemen yang bisa dilihat pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3.



Gambar 2.2 Bresing Sistem BRBF

(Sumber : Sabelli & Lopez, 2004)

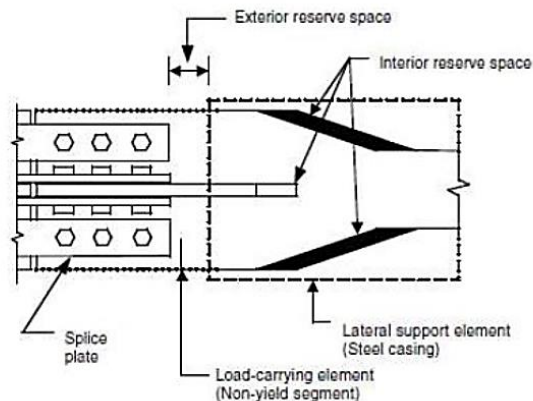


Gambar 2.3 Elemen Bresing Sistem BRBF

(Sumber : Moestopo, 2005)

1. Segmen Terkekang – Leleh

Segmen ini berpenampang baja berbentuk persegi atau salib. Terdapat plat baja disekelilingnya yang disebut casing dan lebih dari satu pelat bias digunakan. Karena segmen ini di desain leleh dibawah pembebanan siklik, baja ringan (A36 atau baja kekuatan rendah) yang mempunyai daktilitas yang tinggi dapat digunakan. Alternatif baja kekuatan tinggi (A572 Gr 50 steel) juga telah digunakan. Juga diinginkan bahan baja dengan kekuatan leleh diprediksi dengan variasi kecil. Properti ini penting untuk desain kapasitas BRB yang dapat diandalkan.



Gambar 2.4 Gap antara Mortar dan Elemen Tahan Leleh
(Sumber : Chen C.C., Chen S.Y., and Liaw J.J., 2001)

2. Segmen Terkekang – Tidak Leleh

Segmen yang dikelilingi oleh casing dan mortar, yang biasanya merupakan perpanjangan dari segmen terkekang-leleh, tetapi dengan area diperbesar untuk memastikan respon elastis. Hal ini dapat dicapai dengan memperluas segmen terkekang-leleh (transisi pada lebar penampang harus kecil untuk menghindari

konsentrasi tegangan). Pengaku akan dilas untuk meningkatkan area di wilayah ini.

3. Segmen Tidak Terkekang – Tidak Leleh

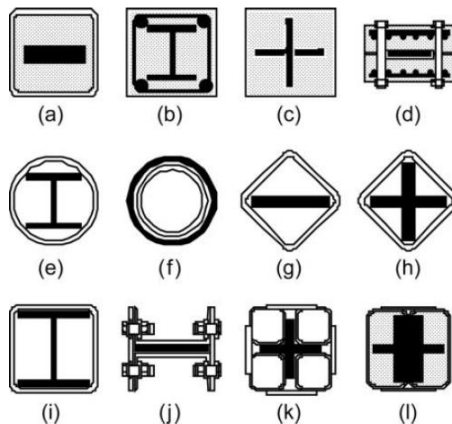
Segmen ini biasanya merupakan perpanjangan dari segmen terkekang tidak leleh. segmen ini juga disebut proyeksi inti baja. Segmen ini dirancang sebagai baut sambungan untuk ereksi lapangan, tapi desain koneksi lain seperti koneksi pin atau koneksi las juga memungkinkan. Pertimbangan desain segmen ini meliputi (i) toleransi untuk kemudahan ereksi lapangan dan (ii) pencegahan tekuk lokal.

4. Casing dan Pengisi Pencegah Tekuk

Inersia material yang efektif dapat meminimalkan atau menghilangkan transfer gaya geser antara segmen baja tahanan, bahan seperti karet (Iwata et al, 2000), polietilen (Tremblay et al, 1999), *silicon grease* (Chen et al., 2001) telah digunakan. Segmen menghasilkan tahanan, amplitudo tekuk kecil dalam mode yang lebih tinggi karena adanya mekanisme penahanan. Gap ini harus cukup besar untuk memungkinkan perluasan dari inti baja menghasilkan tekan. Jika gesekan yang dibuat oleh aksi bantalan antara baja dan mortar akan memaksa menahan tekuk untuk beban aksial. Di sisi lain, jika kesenjangan yang terlalu besar amplitudo tekuk dan kelengkungan terkait dari baja melengkung menghasilkan segmen besar, yang akan mengurangi siklus kelelahan segmen. Dalam menentukan desain gap, rasio Poisson dalam elastis (0,3) dan leleh (0,5).

5. Mekanisme Tekuk – Terkekang

Mekanisme ini biasanya berisi mortar dan *casing* baja. Bentuk mekanisme tekuk-terkekang dari penampang BRBF bisa dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Bentuk Penampang Bresing Sistem BRBF
(Sumber : Xie, 2005)

2.2.1 Kelebihan *Buckling Restrained Braced Frames (BRBF)*

Sistem BRBF memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan sistem-sistem pengaku bresing lainnya, antara lain (Shuhaibaret al, 2002) :

1. Bresing pada sistem BRBF menghilangkan tekuk yang tidak diinginkan dari CBF konvensional akibat leleh pada tarik dan tekannya, sehingga memberikan disipasi energi yang lebih besar dan stabil pada beban gempa kuat.
2. Dibandingkan dengan sistem rangka penahan momen (MRF), BRBF menunjukkan kekakuan lateral elastis tinggi pada beban gempa kuat, sehingga mudah untuk memenuhi persyaratan peraturan.
3. Instalasi BRBF lebih ekonomis karena menggunakan sambungan baut atau pinned pada pelat gusset, yang mengeliminasi pengelasan dan inspeksi yang mahal.

4. Bresing bertindak sebagai elemen struktural yang dapat diganti, yang meminimalkan kerusakan pada elemen lain sehingga hanya perlu mengganti bresing yang rusak setelah peristiwa gempa besar.
5. Bresing pada sistem BRBF menawarkan fleksibilitas desain karena baik kekuatan dan kekakuan dari bresing dapat dengan mudah distel. Selain itu, analisis inelastik lebih mudah untuk model perilaku siklik dari BRBF.
6. Untuk rehabilitasi seismik, BRBF lebih menguntungkan dibandingkan bresing sistem konvensional karena ketentuan desain kapasitas untuk sistem konvensional memerlukan pondasi mahal dan perkuatan diafragma lantai.

2.2.2 Perhitungan Kekuatan Buckling Restrained Braced Frames (BRBF)

Perhitungan dimulai dengan memperkirakan ukuran luas penampang batang baja inti (*steel core*) yang akan dipakai dalam desain, dengan memperhatikan besarnya gaya aksial yang akan terjadi pada bresing akibat kombinasi pembebanan yang telah direncanakan. Sebagai evaluasi kekuatan bresing, ditentukan kapasitas bresing yang akan dipasang, Sehingga didapat *Demand Capacity Ratio* (DCR) sebagai berikut :

$$DCR = \frac{P_u}{\phi P_{psc}} \quad (2.1)$$

dengan :

DCR = *Demand Capacity Ratio*

P_u = gaya aksial ultimate (N)

P_{psc} = kekuatan aksial rencana batang baja inti (*steel core*) (N)

ϕ = 0,9

Apabila nilai DCR kurang dari satu ($DCR < 1$), maka pemilihan luasan *steel core* bresing dapat diterima. Apabila nilai $DCR > 1$, diambil langkah dengan memperbesar luas penampang bresing. Luas penampang bresing ditentukan berdasarkan persamaan F4-1 AISC 341-16 sebagai berikut :

$$\phi P_{ysc} = F_{ysc} \cdot A_{sc} \quad (2.2)$$

$$A_{sc} = \frac{\phi P_{ysc}}{F_{ysc}} \quad (2.3)$$

dengan :

- P_{ysc} = kekuatan aksial rencana batang baja inti (*steel core*) (N)
- F_{ysc} = tegangan leleh dari batang baja inti (MPa)
- A_{sc} = luas penampang dari batang baja inti (mm²)
- ϕ = 0,9

2.2.3 Sistem Penahan Tekuk

Sistem penahan tekuk terdiri dari selubung batang baja. Dalam perhitungan stabilitas, balok, kolom, dan pelat buhul yang terhubung dengan inti batang baja (*steel core*) termasuk dalam sistem ini. Sistem penahan tekuk akan membatasi kejadian tekuk dari batang baja inti hingga mampu berdeformasi mencapai 2 kali simpangan (*drift*) antar lantai yang diperhitungkan.

2.2.4 Perhitungan *Adjusted Brace Strenght*

Sambungan bresing dan batang yang saling berkaitan didesain untuk menahan gaya berdasarkan *adjusted brace strenght*. Kuat tekan dari bresing ditentukan sebesar $\beta \omega R_y P_{ysc}$, sedangkan kuat tarik bresing adalah $\omega R_y P_{ysc}$. Berdasarkan AISC 341-05 Pasal C16.2d nilai β dan ω dapat ditentukan melalui persamaan sebagai berikut :

$$\beta = \frac{\beta \omega F_{ysc} A}{\omega F_{ysc} A} = \frac{P_{maks}}{T_{maks}} \quad (2.4)$$

$$\omega = \frac{\omega F_{ysc} A}{F_{ysc} A} = \frac{T_{maks}}{F_{ysc} A} \quad (2.5)$$

dimana :

β = faktor penyesuaian dari kuat tekan

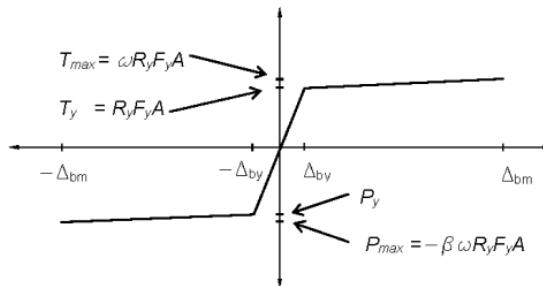
ω = faktor penyesuaian dari pengerasan regangan (*strain hardening*)

P_{maks} = gaya tekan maksimum (N)

T_{maks} = gaya tarik maksimum dengan defromasi sesuai dengan 200% dari simpangan antar lantai (N)

F_{ysc} = kekuatan leleh dari batang baja ini (MPa)

Dalam hal ini, β adalah rasio antara gaya tekan maksimum terhadap gaya tarik maksimum dari hasil pengujian, sedangkan ω adalah rasio antara gaya tarik maksimum terhadap kuat leleh batang baja inti.



Gambar 2.6 Diagram Gaya Perpindahan Batang

(Sumber : AISC 341-05 Fig. C-1-16.3)

2.2.5 Sambungan Bresing

Kekuatan dari sambungan bresing untuk tarik dan tekan (termasuk hubungan antara balok dan kolom jika ini termasuk ke dalam sistem bresing) direncanakan 1,1 kali lebih besar daripada *adjusted brace strength* untuk tekan. Hal ini dilakukan untuk menjamin sambungan tidak leleh pada saat bresing berdeformasi maksimum. Untuk pelat buhul, desain sambungan memperhatikan tekuk lokal dan tekuk komponen bresing.

2.3 Struktur Komposit

Struktur komposit baja-beton adalah struktur yang terdiri dari 2 material, yaitu struktur baja dan struktur beton bertulang. Berbeda dengan struktur baja konvensional yang hanya memperhitungkan kekuatan baja, struktur komposit baja-beton mengasumsikan bahwa baja dan beton bekerja sama dalam menahan beban (Ali dkk, 2012).

Beberapa kelebihan dari struktur komposit baja-beton antara lain:

- a. Memiliki kekuatan dan kekakuan yang tinggi dibanding struktur baja dan struktur beton bertulang konvensional.
- b. Kemudahan dalam proses pengerjaan konstruksi.
- c. Memiliki sifat tahan api dan korosi (Cosenza dkk, 2005).
- d. Menghasilkan desain profil yang lebih ekonomis (Lahamukang, 2014).
- e. Lebih kuat menerima beban lebih tinggi bahkan beban ekstrim (*high carrying load capacity*) (Elakeya dkk, 2016).
- f. Memerlukan waktu konstruksi yang lebih cepat (Wagh & Waghe, 2014).

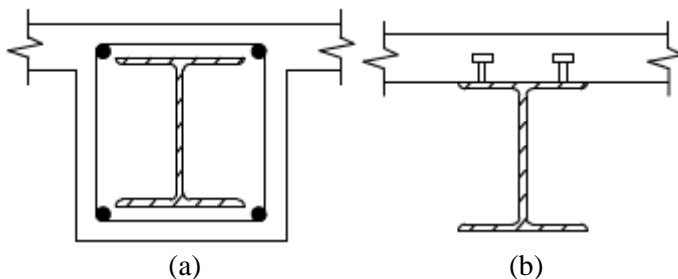
Meskipun demikian, dewasa ini kode praktik atau peraturan yang berbeda-beda tentang perencanaan struktur komposit menjadi masalah, baik itu dari sisi beban statis atau seismik. Oleh karena itu ketentuan yang diimplementasikan harus diselidiki lebih lanjut dan reliabilitasnya perlu dinilai ulang. Interaksi antara baja

dan beton, sambungan balok kolom, dan sambungan *base column* juga masih memerlukan penelitian dan perhitungan yang lebih luas karena peraturan yang sudah ada masih bergantung pada data yang terbatas (Cosenza dkk, 2005).

2.3.1 Balok Komposit

Pada konstruksi struktur komposit baja-beton konvensional, balok komposit merupakan pelat beton yang diletakkan di atas balok baja yang dihubungkan oleh penghubung geser (*shear connector*) (Gambar 2.7b). Penghubung geser pada balok komposit mencegah terjadinya slip antara pelat beton dan balok baja sehingga dapat bekerja secara satu kesatuan menghasilkan aksi komposit. Dengan aksi komposit antara pelat beton dan balok baja, kita bisa memanfaatkan keuntungan masing-masing elemen secara maksimal. (Wagh & Waghe, 2014).

Saat ini tipe dari balok komposit tidak hanya balok komposit dengan penghubung geser, ada juga tipe balok komposit dengan balok baja yang berselubung beton (*concrete encased steel beam*) seperti pada Gambar 2.7a.



Gambar 2.7 Tipe Balok Komposit a) Balok Baja Berselubung Beton b) Balok Komposit dengan Penghubung Geser

(Sumber : Ali dkk, 2012)

Balok komposit memiliki beberapa kelebihan di antaranya :

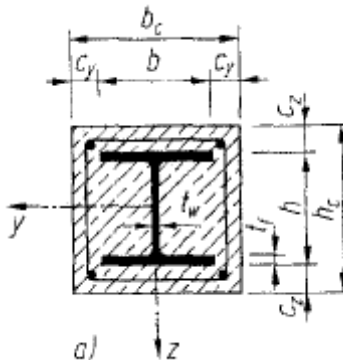
- Kekuatan dari balok meningkat
- Sifat tahan api dan tahan korosi yang baik untuk tipe balok baja berselubung beton
- Lebih ekonomis dibanding struktur baja atau beton bertulang biasa, dan
- Lebih kuat menerima beban kejut (*impact loads*) untuk balok baja berselubung beton (Ali dkk, 2012).

Dalam Tugas Akhir ini akan digunakan balok komposit tipe balok baja dengan penghubung geser (*shear connector*).

2.3.2 Kolom Komposit

Secara umum tipe kolom komposit pada umumnya dibagi menjadi 3, yaitu:

- Profil baja berselubung beton penuh (*concrete encased steel section*)



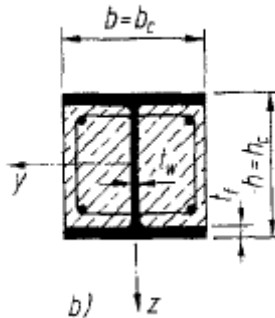
Gambar 2.8 Profil Baja Berselubung Beton Penuh (*Concrete Encased Steel Section*)

(Sumber : Eggemann, 2003)

Kolom baja berselubung beton penuh ini memiliki kinerja seismik yang sangat baik dan juga memiliki ketahanan terhadap suhu tinggi atau api (Campian dkk, 2015). Ketahanan api pada kolom semakin meningkat

dengan penurunan rasio kelangsingan kolom serta peningkatan rasio dari profil baja pada kolom (Ellobody & Young, 2010).

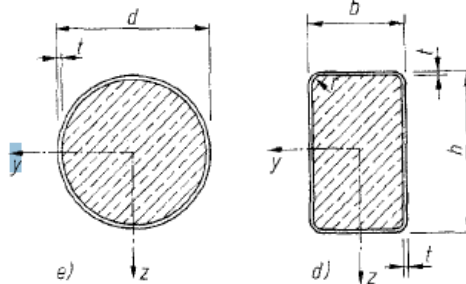
- b. Profil baja berselubung beton sebagian (*partially concrete encased steel section*)



Gambar 2.9 Profil Baja Berselubung Beton Sebagian
(*Partially Concrete Encased Steel Section*)
(Sumber : Eggemann, 2003)

Kolom tipe ini mirip dengan tipe kolom sebelumnya akan tetapi selubung beton nya hanya sebagian. Dimensi lebar dari selubung beton sama dengan lebar sayap profil baja (Eggemann, 2003). Salah satu kelebihan dari kolom baja berselubung sebagian jika dibandingkan dengan yang berselubung penuh adalah lebih mudah dalam proses pengerjaannya karena tidak memerlukan bekisting, akan tetapi sifat ketahanan terhadap suhu tinggi atau api nya lebih rendah (Hanswille, 2008).

c. Profil baja *hollow* berisikan beton (*concrete filled tube*)



Gambar 2.10 Profil Baja Hollow Berisikan Beton (*Concrete Filled Tube*)
(Sumber : Eggemann, 2003)

Pada kolom tipe profil baja *hollow* berisikan juga memiliki duktilitas yang tinggi dan memiliki dimensi yang ramping. Kolom tipe ini memiliki keunggulan menahan gaya momen biaksial. Akan tetapi harga dari profil baja *hollow* lebih mahal dan dibutuhkan tulangan tambahan jika ingin meningkatkan ketahanan terhadap api (Hanswille, 2008). Kolom komposit baja beton tipe CFT ini akan digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

2.4 Sambungan

Sambungan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari perencanaan struktur baja. Sambungan berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya dalam (momen, lintang/geser, dan/atau aksial) antar komponen-komponen struktur yang disambung, sesuai dengan perilaku struktur yang direncanakan. Keandalan sebuah struktur baja untuk bekerja dengan mekanisme yang direncanakan sangat tergantung oleh keandalan sambungan. Kegagalan dalam sambungan dapat mengakibatkan perubahan fungsi struktur bangunan tersebut, dan yang paling berbahaya adalah keruntuhan pada struktur tersebut. Sehingga untuk

mencegah hal tersebut maka kekakuan sambungan antara balok dan kolom tersebut harus baik. Suatu sistem sambungan terdiri dari:

1. Komponen struktur yang disambung, dapat berupa balok, kolom, batang tarik, atau batang tekan.
2. Alat penyambung, dapat berupa pengencang, baut biasa, baut mutu tinggi, dan paku keling, atau sambungan las seperti las tumpul, las sudut, dan las pengisi.
3. Elemen penyambung, berupa pelat buhul atau pelat penyambung.

2.4.1 Tipe Sambungan

Sambungan berdasarkan atas kemampuan tahanan terhadap perputaran yang dibagi 2 tipe yaitu:

1. *Type Fully Restrained* (FR) yaitu penahan penuh atau kaku (rigid) mempunyai tahanan yang kaku dan tidak dapat berputar
2. *Type Partially Restrained* (PR) yaitu penahanan tidak penuh, tidak cukup kaku (semi rigid) untuk mempertahankan sudut akibat beban.

2.4.2 Klasifikasi Sambungan Berdasar Rasio Tahanan Momen

Klasifikasi sambungan berdasar pada ratio tahanan momen sambungan terhadap momen jepit sempurna adalah sebagai berikut:

1. *Simple Connection* (Sambungan Sederhana)
 - Momen sambungan = (0%-20%) Momen tahanan jepit sempurna
 - Sambungan dapat memberikan perputaran pada ujung balok secara bebas

- Sambungan tidak boleh mengakibatkan momen lentur terhadap elemen struktur yang disambung
 - Detail sambungan harus mempunyai kapasitas rotasi yang cukup
 - Dapat memikul gaya reaksi yang bekerja
2. *Semi - Rigid Connetion* (Sambungan Semi Kaku)
- Momen sambungan = (20%-90%) Momen tahanan jepit sempurna
 - Sambungan tidak memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut - sudut antara elemen yang disambung
 - Dianggap mempunyai kapasitas yang cukup untuk memberikan tahanan yang dapat diukur terhadap perubahan sudut tersebut
 - Tingkat kapasitas tersebut terhadap beban yang bekerja ditetapkan berdasarkan percobaan.
3. *Rigid Connection* (Sambungan Kaku)
- Momen sambungan = (90%-100%) Momen tahanan jepit sempurna
 - Sambungan dianggap memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut - sudut diantara elemen- elemen yang disambungkan.
 - Sambungan mampu memikul momen yang bekerja, sehingga deformasi titik kumpul tidak terlalu berpengaruh terhadap distribusi gaya dalam maupun terhadap deformasi keseluruhan struktur.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

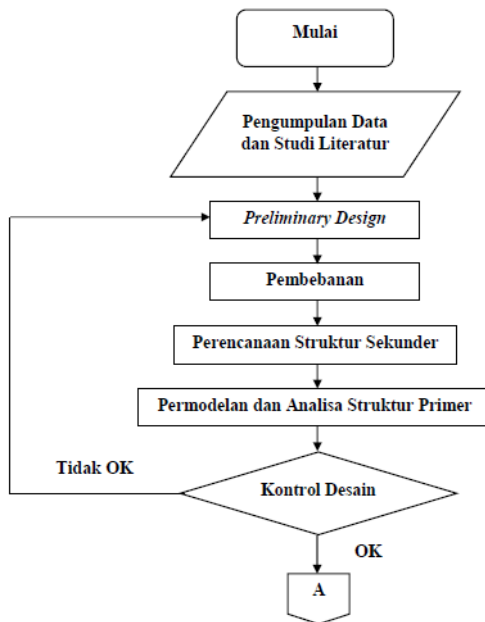
BAB III METODOLOGI

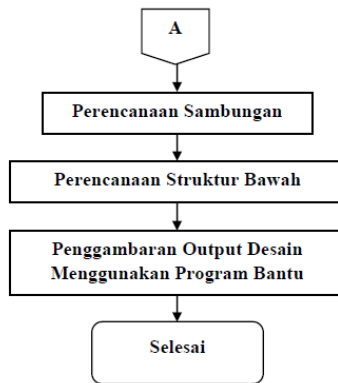
3.1 Umum

Sebelum mengerjakan Tugas Akhir, maka perlu disusun langkah-langkah pengerjaan sesuai dengan uraian kegiatan yang akan dilakukan. Urutan pelaksanaannya dimulai dari pengumpulan data dan studi literature, *preliminary design*, sampai mencapai tujuan akhir dari analisa struktur yang akan disajikan berupa gambar menggunakan program bantu AutoCad.

3.2 Bagan Alir Perencanaan

Langkah-langkah yang dilaksanakan untuk mengerjakan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :





Gambar 3.1 Bagan Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir
(Sumber : Penulis)

3.3 Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir

3.3.1 Pengumpulan Data

1. Data Bangunan Sebelum Modifikasi
Data umum bangunan Hotel Swiss-Bellin sebelum dimodifikasi adalah sebagai berikut:
 - a. Nama Gedung : Hotel Swiss-Bellin
 - b. Lokasi : Jl. Bintoro No.21-25, DR. Soetomo, Tegalsari, Surabaya
 - c. Fungsi : Hotel
 - d. Jumlah Lantai : 15 Lantai; 1 *Basement*
 - e. Tinggi Gedung : 48,3 m
 - f. Struktur Utama : Beton Bertulang
 - g. Struktur Bawah : Tiang Pancang
2. Data Gambar
Data gambar berupa gambar struktural (terlampir)
3. Data Tanah
Data tanah berupa grafik SPT (terlampir)
4. Data Bangunan Setelah Modifikasi

Data umum bangunan Hotel Swiss-Bellin setelah dimodifikasi adalah sebagai berikut:

- a. Nama Gedung : Hotel Swiss-Bellin
- b. Lokasi : Surabaya
- c. Fungsi : Hotel
- d. Jumlah Lantai : 15 Lantai; 1 *Basement*
- e. Tinggi Gedung : 51,6 m
- f. Struktur Utama : komposit baja-beton
- g. Sisem Struktur : *Buckling Restrained Braced Frames (BRBF)*
- h. Mutu Beton (f'_c) : 30 MPa, 40 MPa
- i. Mutu Baja : BJ41
- j. Balok : Balok WF komposit dengan pelat bondek
- k. Kolom : Komposit Baja-Beton Tipe *Concrete Filled Steel Tube (CFT)*
- l. Pondasi : Tiang Pancang (*Spun Pile*)

3.3.2 Studi Literatur

Dalam menunjang pengerjaan Tugas Akhir ini, maka dilakukan studi terhadap literatur berupa buku, jurnal, *proceeding* dan peraturan (*code*) yang berkaitan dengan sistem struktur yang digunakan yaitu sistem *buckling restrained braced frames (BRBF)*. Adapun literatur serta peraturan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung.
2. SNI 1727:2013, ASCE 7-05 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktural Lain
3. SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung
4. SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.
5. AISC 341-05 *Seismic Provision for Structural Buildings*.
6. AISC 341-10 *Seismic Provision for Structural Buildings*.

7. AISC 341-16 *Seismic Provision for Structural Buildings*.
8. PPIUG 1983 tentang Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung.
9. Buku-buku referensi struktur baja
10. Hasil browsing di internet berupa hasil penelitian, jurnal, dan *proceeding*.

3.3.3 Preliminary Design

Merencanakan perkiraan dimensi awal dari elemen-elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur, dan merencanakan profil yang akan digunakan. Dimensi awal meliputi struktur utama dan struktur sekunder. Modifikasi perencanaan gedung Hotel Swiss-Bellin Surabaya meliputi balok induk beton, balok anak beton, pelat beton, balok induk yang menggunakan profil WF, balok anak menggunakan WF, perencanaan kolom menggunakan *Concrete Filled Steel Tube* (CFT) dan untuk sistem rangka menggunakan *Buckling Restrained Braced Frames* (BRBF).

3.3.3.1 Perencanaan Struktur Sekunder

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur dan merencanakan dimensi profil yang akan digunakan yang meliputi :

- a. Pelat lantai
- b. Balok anak
- c. Balok *lift*
- d. Tangga

3.3.3.2 Perencanaan Struktur Utama

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur dan merencanakan dimensi profil yang akan digunakan yang meliputi :

- a. Dimensi Balok
- b. Dimensi Kolom
- c. Bering Tahan Tekuk (BRB)

3.3.4 Perhitungan Beban Struktur

Melakukan perhitungan beban struktur sebagai berikut :

1. Beban Mati

Berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 3.1.1 yang dimaksud beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, kulit bangunan gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran. Untuk detail pembebanan beban mati akan digunakan peraturan PPIUG 1983.

2. Beban Hidup

Berdasarkan SNI 1727:2013 beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lainnya harus beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan dalam tabel 4.1. Beban hidup diatur dalam SNI 1727:2013 pasal 4.

3. Beban Angin

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 27.4.1, tekanan angin desain untuk SPBAU (Sistem Penahan Beban Angin Utama) bangunan gedung dari semua ketinggian harus ditentukan dengan persamaan berikut :

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi}) \left(\frac{lb}{ft^2} \right) \left(\frac{N}{m^2} \right) \quad (3.1)$$

dimana :

- q = qz untuk dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian z diatas permukaan tanah
- qh = qh untuk dinding di sisi angin pergi, dinding samping, dan atap yang diukur pada ketinggian h
- qi = qh untuk dinding di sisi angin datang, dinding samping, dinding di sisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup untuk mengevaluasi

tekanan internal negatif pada bangunan gedung tertutup sebagian

q_i = q_z untuk mengevaluasi tekanan internal positif pada bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi z ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif. Untuk bangunan gedung yang terletak di wilayah berpartikel terbawa angin, kaca yang tidak tahan impak atau dilindungi dengan penutup tahan impak harus diperlakukan sebagai bukaan sesuai dengan Pasal 26.10.3. Untuk menghitung tekanan internal positif, q_i secara konservatif boleh dihitung pada ketinggian h ($q_i = q_h$)

G = faktor efek-tiupan angin

CP = koefisien tekanan eksternal

(GC_{pi}) = koefisien tekanan internal dari Tabel 26.11-1 q dan q_i harus dihitung dengan menggunakan eksposur yang ditetapkan dalam Pasal 26.7.3. Tekanan harus diterapkan secara bersamaan pada dinding di sisi angin datang dan di sisi angin pergi pada permukaan atap seperti ditetapkan dalam SNI 1727:2013 gambar 27.4-1, 27.4-2, dan 27.4-3.

4. Beban Gempa

Struktur gedung yang tidak memenuhi ketentuan menurut SNI 03-1726-2012 ditetapkan sebagai struktur gedung tidak beraturan, untuk itu pengaruh Gempa Rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan gempa dinamik, sehingga analisisnya harus dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik.

Perhitungan respons dinamik struktur gedung tidak beraturan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana dapat dilakukan dengan metoda

analisis ragam spektrum respons dengan memakai Spektrum Respons Gempa Rencana yang nilai ordinatnya dikalikan faktor koreksi I/R , dimana I adalah Faktor Keutamaan menurut Tabel 1, sedangkan R adalah faktor reduksi gempa representatif dari struktur gedung yang bersangkutan. Dalam hal ini, jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan respons ragam menurut metoda ini harus sedemikian rupa, sehingga partisipasi massa yang menghasilkan respons total harus mencapai sekurang-kurangnya 90%. Tingkat keutamaan (I) struktur dalam kepentingannya saat masa layan disajikan dalam tabel berikut ini :

Tabel 3.1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa
(Sumber : SNI 1726:2012)

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, III, IV termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar 	II

<ul style="list-style-type: none"> - Gedung perkantoran - Gedung apartemen / rumah susun - Pusat perbelanjaan / Mall - Bangunan industry - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	
<p>Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan struktur lainnya, tidak termasuk ke dalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan atau gangguan missal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan struktur lainnya yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tida dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan,</p>	<p>III</p>

<p>penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia yang berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan struktur lainnya yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas badan dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, badai angin, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang 	<p>IV</p>

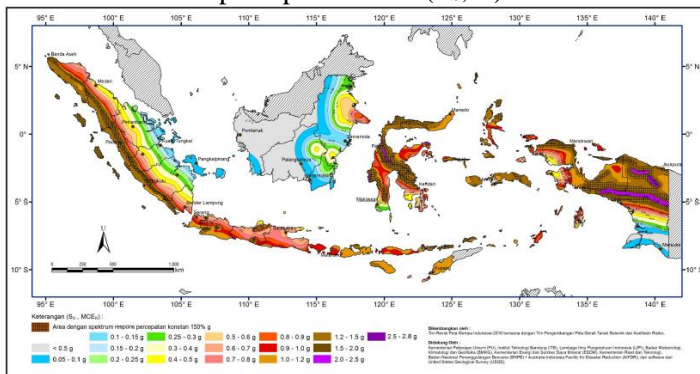
<p>disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat Gedung dan struktur lainnya yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV</p>	
---	--

Tabel 3.2 Faktor Keutamaan Gempa

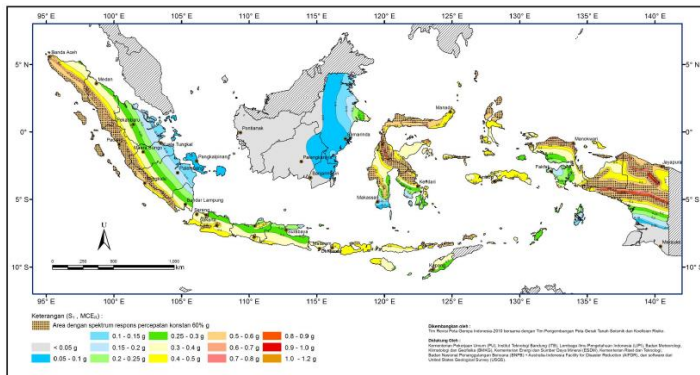
(Sumber : SNI 1726:2012)

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa (Ie)
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

Paramater percepatan tanah (S_s, S_1) :



Gambar 3.2 S_s Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCE_R) Kelas Situs SB
(Sumber : SNI 1726:2012)



Gambar 3.3 S₁ Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget Kelas Situs SB
 (Sumber : SNI 1726:2012)

Tabel 3.3 Koefisien Situs, Fa
 (Sumber : SNI 1726:2012)

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan pada perioda pendek, T=0,2 detik, S _s				
	S _s ≤ 0,25	S _s = 0,5	S _s = 0,75	S _s = 1	S _s ≥ 1,25
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,2	1,2	1,1	1	1
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1
SE	2,5	1,4	1,2	0,9	0,9
SF	SSb				

Tabel 3.4 Koefisien Situs, Fv

(Sumber : SNI 1726:2012)

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan pada perioda pendek, T=1,0 detik, S ₁				
	S ₁ ≤ 0,1	S ₁ = 0,2	S ₁ = 0,3	S ₁ = 0,4	S ₁ ≥ 0,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SSb				

Nilai faktor modifikasi respon (R) ditentukan berdasarkan tipe struktur yang akan direncanakan, yaitu yang tertera pada Tabel 9 SNI 1726:2012.

5. Kombinasi Pembebanan

Struktur, komponen, dan fondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi berikut (SNI 1727:2013 Pasal 3.2.2) :

1,4D

1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr atau S atau R)

1,2D + 1,6(Lr atau S atau R) + (L atau 0,5W)

1,2D + 1,0 W + L + 0,5(Lr atau S atau R)

1,2D + 1,0E + L + 0,2S

0,9D + 1,0W

0,9D + 1,0E

Keterangan :

D	= beban mati
L	= beban hidup
Lr	= beban hidup atap
S	= beban salju
R	= beban hujan
W	= beban angin
E	= beban gempa

3.3.5 Perencanaan Struktur Sekunder

3.3.5.1 Perencanaan Pelat Lantai

Pada perencanaan pelat lantai pada modifikasi gedung Hotel Swiss-Bellin digunakan pelat lantai bondex yang diawali *preliminary design* kemudian menghitung beban pada pelat lantai atap dan pelat lantai hotel serta menentukan penulangan pada pelat bondeks.

3.3.5.2 Perencanaan Balok Anak

Fungsi dari balok anak adalah meneruskan serta membagi beban yang dipikul pelat lantai ke balok induk. Balok anak didesain sebagai struktur sekunder sehingga dalam perhitungan tidak menerima beban lateral yang diakibatkan oleh gempa.

3.3.5.3 Perencanaan Balok Lift

Pada perencanaan balok *lift* ini meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung *lift*. Kemudian dilakukan kontroling dengan hasil analisa dengan program bantu ETABS.

3.3.5.4 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan gedung bertingkat sebagai penghubung antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat di atasnya. Pada gedung

Hotel Swiss-Bellin tangga direncanakan sebagai tangga darurat dengan konstruksi dari baja.

3.3.6 Permodelan Struktur

Melakukan permodelan struktur menggunakan program bantu ETABS yang direncanakan sebagai struktur ruang 3 dimensi.

3.3.7 Kontrol Desain dan Perencanaan Struktur Primer

Perencanaan struktur primer dilakukan bersamaan dengan melakukan kontrol desain dari hasil permodelan dan analisa struktur. Struktur utama meliputi struktur dan balok serta adanya penambahan dinding geser pelat baja yang merupakan bentuk sistem ganda.

3.3.7.1 Kontrol Desain

Analisa struktur terhadap beban gempa dikontrol berdasarkan SNI 1726:2012.

1. Kontrol Partisipasi Massa

Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90%

2. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 1726:2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah :

$$V = C_s \cdot W \quad (3.2)$$

3. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi dengan perumusan :

$$T = C_t \cdot h_n^x \quad (3.3)$$

dimana nilai parameter untuk SRBE adalah :

$$\begin{aligned} C_t &= 0,0731 \\ x &= 0,75 \\ h_n &= \text{Tinggi gedung} \end{aligned}$$

4. Kontrol Kinerja Struktur Gedung

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3.

3.3.7.2 Balok

Balok direncanakan menggunakan profil WF dengan ketentuan penampang sebagai berikut :

Pelat Sayap

Plat Badan

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \qquad \lambda = \frac{h_w}{t_w} \qquad (3.4)$$





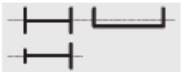


$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \qquad \lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (kompak)} \qquad (3.5)$$

$$\lambda_r = 1,0 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \qquad \lambda_r = 5,7 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (tidak kompak)} \qquad (3.6)$$

Untuk melakukan perencanaan digunakan Tabel 3.5 yang diambil Tabel F1.1 dari SNI 1729:2015. Tabel 3.5 digunakan untuk memilih penggunaan Bab pada Pasal F SNI 1729:2015 sesuai dengan penampang melintang yang digunakan.

Tabel 3.5 Tabel Pemilihan untuk Penggunaan Bab Pasal F

(Sumber : SNI 1729:2015)

Pasal dalam Bab F	Penampang Melintang	Kelangsingan Sayap	Kelangsingan Badan	Kedudukan Batas
F2		C	C	Y, LTB
F3		NC, S	C	LTB, FLB
F4		C, NC, S	C, NC	Y, LTB, FLB, TFY
F5		C, NC, S	S	Y, LTB, FLB, TFY
F6		C, NC, S	N/A	Y, FLB
F7		C, NC, S	C, NC	Y, FLB, WLB
F8		N/A	N/A	Y, LB

a. Kuat Nominal Lentur Penampang

Sebuah balok yang memikul beban lentur murni berfaktor M_u harus direncanakan sedemikian rupa sehingga selalu terpenuhi hubungan :

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.7)$$

dimana :

M_u = momen lentur berfaktor

ϕ = faktor reduksi = 0,9 (DFBK)

M_n = kekuatan lentur nominal dari momen lentur penampang

- Kuat Nominal Lentur Penampang dengan Pengaruh Tekuk Lokal

Kelangsingan penampang kompak, tak kompak, dan langsing suatu komponen struktur yang memikul lentur, ditentukan oleh kelangsingan elemen-elemen tekannya. Untuk penampang yang digunakan dalam perencanaan balok pada struktur baja tahan gempa, kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lokal ditentukan berdasarkan Bab Pasal F(F2-F6) SNI 1729:2015.

- Kuat Nominal Lentur Penampang dengan Pengaruh Tekuk Lateral

Tahanan komponen struktur dalam memikul momen lentur tergantung dari panjang bentang antara dua pengekang yang berdekatan, L . Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lateral ditentukan berdasarkan Bab Pasal F(F2-F6) SNI 1729:2015

b. Kuat Geser

Plat badan tak diperkaku yang memikul gaya geser terfaktor perlu (V_n) harus memenuhi persamaan berikut :

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3.8)$$

dimana :

V_u = gaya geser lentur berfaktor

ϕ = faktor reduksi = 0,9 (DFBK)

V_n = kuat geser nominal

- Leleh Pada Plat Badan (Plastis Sempurna)

Jika perbandingan maksimum tinggi terhadap tebal panel h/tw , memenuhi :

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y w}} \quad (3.9)$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \quad (3.10)$$

Maka kuat geser nominal plat badan harus dihitung sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 \times f_y w \times A_w \quad (3.11)$$

dimana :

$F_y w$ = tegangan leleh plat badan

A_w = luas kotor plat badan

- Tekuk Inelastik pada Plat Badan

Jika kelangsingan plat badan memenuhi hubungan:

$$1,1 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y w}} \leq \frac{h}{tw} \leq 1,37 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y w}} \quad (3.12)$$

Maka kuat geser nominal plat badan harus dihitung sebagai berikut:

$$V_n = 0,6 \times f_y w \times A_w \left[1,1 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y w}} \right] \frac{1}{h/tw} \quad (3.13)$$

- Tekuk Elastik pada Plat Badan

Jika kelangsingan plat badan memenuhi hubungan :

$$\frac{h}{tw} \geq 1,37 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y w}} \quad (3.14)$$

Maka kuat geser nominal plat badan harus dihitung sebagai berikut :

$$V_n = \frac{0,9 \times E \times k_n \times A_w}{\left(\frac{h}{tw}\right)^2} \quad (3.15)$$

3.3.7.3 Kolom

Kolom komposit baja beton tipe *Concrete Filled Tube* (CFT) menerima kombinasi gaya normal dan gaya lentur :

a. Kriteria untuk Kolom Komposit bagi Struktur Tekan

- Kontrol Luas Penampang Minimum Profil Baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% \geq 4\% \quad (3.16)$$

- Kontrol tebal minimum penampang baja berongga yang diisi beton

$$t \geq b \sqrt{\frac{f_y}{3E}} \quad (3.17)$$

b. Kuat Nominal Tekan Kolom Komposit CFT

Batasan rasio lebar terhadap ketebalan untuk elemen baja tekan harus ditentukan sebagai berikut :

Untuk profil HSS yang diisi dengan beton dengan ketebalan profil baja sama di semua sisi

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} \quad (3.18)$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.19)$$

$$\lambda_r = 3,00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.20)$$

$$\lambda_{max} = 5,00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.21)$$

Untuk komponen struktur komposit yang terisi beton

- Untuk penampang kompak

$$P_{no} = P_p \quad (3.22)$$

Dengan :

$$P_p = f_y A_s + C_2 f' c \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.23)$$

- Untuk penampang non kompak

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2 \quad (3.24)$$

Dengan :

$$P_y = f_y A_s + 0,7 f' c \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.25)$$

- Untuk penampang langsing

$$P_{no} = f_{cr} A_s + 0,7 f' c \left(A_c + A_r \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.26)$$

Penampang persegi diisi beton :

$$f_{cr} = \frac{9 E_s}{\left(\frac{b}{t} \right)^2} \quad (3.27)$$

c. Amplifikasi Momen

Kekuatan lentur orde pertama yang diperlukan, M_r , dan ketentuan aksial P_r , dari semua komponen struktur harus ditentukan sebagai berikut :

$$M_r = B_1 M_{ni} + B_2 M_i \quad (3.28)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t \quad (3.29)$$

Keterangan :

- B_1 = Pengali untuk menghilangkan efek P- δ , ditentukan untuk setiap komponen struktur yang menahan tekan dan lentur.
- B_2 = Pengali untuk menghilangkan efek P- δ , ditentukan untuk setiap tingkat dari struktur.
- Mlt = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK
- Mnt = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK
- Mr = Momen lentur orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK
- Plt = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK
- Pnt = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK
- Pr = Kekuatan aksial orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK

- Pengali B_1 untuk efek P- δ

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1 \quad (3.30)$$

Dengan :

$\alpha = 1$ (DFBK)

C_m = Koefisien dengan asumsi tanpa translasi lateral dari portal yang ditentukan dengan formula:

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \quad (3.31)$$

Dengan M_1 dan M_2 dihitung dari analisis orde pertama, adalah momen terkecil dan terbesar pada ujung-ujung bagian komponen.

P_{e1} = Kekuatan tekuk kritis elastis komponen struktur dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi

tanpa translasi pada ujung-ujung komponen struktur

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(K_1 L)^2} \quad (3.32)$$

Keterangan :

EI = kekakuan lentur yang diperlukan yang harus digunakan dalam analisis ($0,8\tau cEI$) bila digunakan dalam metode analisis langsung dengan τc adalah seperti ditetapkan pada Bab C SNI 1729:2015 untuk panjang efektif dan metode analisis orde pertama

E = Modulus elastisitas baja = 200000 Mpa

I = Momen inersia bidang lentur, mm⁴

L = Panjang komponen struktur, mm

K1 = Faktor panjang efektif dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi translasi lateral pada ujung-ujung komponen struktur

- Pengali B2 untuk efek P- δ

$$B_2 = \frac{1}{\left(1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e story}}\right)} \quad (3.33)$$

dengan :

$\alpha = 1$ (DFBK)

P_{story} = beban vertikal total didukung oleh tingkat menggunakan kombinasi beban DFBK yang sesuai, termasuk beban-beban dalam kolom-kolom yang bukan merupakan bagian dari sistem penahan gaya lateral.

$P_{e story}$ = Kekuatan tekuk kritis elastis untuk tingkat pada arah translasi yang diperhitungkan, ditentukan dengan analisis tekuk sidesway, atau dengan rumusan:

$$P_{e story} = RM \frac{HL}{\Delta H} \quad (3.34)$$

dengan :

$$RM = 1 - 0,15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{story}} \right) \quad (3.35)$$

keterangan :

L = Tinggi tingkat (mm)

- P_{mf} = Beban vertikal total pada kolom dalam tingkat yang merupakan bagian dari portal momen
 ΔH = Simpangan tingkat dalam orde pertama
 H = Geser tingkat, dalam arah translasi harus diperhitungkan, dihasilkan oleh gaya-gaya lateral yang digunakan untuk menghitung ΔH (N)

d. Momen Nominal

Momen nominal pada kolom diperhitungkan sama dengan balok dengan dua arah sumbu penampang yaitu x dan y

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.36)$$

dimana :

M_u = momen lentur berfaktor

ϕ = faktor reduksi = 0,9 (DFBK)

M_n = kekuatan lentur nominal dari momen lentur penampang

Untuk profil HSS yang diisi dengan beton dengan ketebalan profil baja sama di semua sisi

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} \quad (3.37)$$

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{E}{fy}} \quad (3.38)$$

$$\lambda_r = 1,4 \sqrt{\frac{E}{fy}} \quad (3.39)$$

Untuk komponen struktur berpenampang kotak/persegi

- Untuk Penampang Kompak

$$M_n = M_p = fyZ \quad (3.40)$$

- Untuk Penampang Non-Kompak

$$M_n = M_p - (M_p - f_y S) \left(3,57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{f_y}{E}} - 4,0 \right) \quad (3.41)$$

- Untuk Penampang Langsing

$$M_n = f_y \times S_e \quad (3.42)$$

Dimana

S_e = Modulus penampang efektif yang ditentukan dengan lebar efektif, b_e , dari sayap yang diambil sebesar :

$$b_e = 1,92 \sqrt{\frac{E}{f_y} \left(1 - \frac{0,38}{\frac{b}{t_f}} \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right)} \leq b \quad (3.43)$$

e. Persamaan Interaksi Aksial Momen

Interaksi beban aksial tekan dan lentur pada bidang simetris komponen struktur komposit dapat ditentukan berdasarkan :

- Untuk $\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (3.44)$$

- Untuk $\frac{P_r}{P_c} < 0,2$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (3.45)$$

Keterangan :

P_r = Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK (N)

$P_c = \phi_c P_n$ = Kekuatan aksial desain (N)

M_r = Kekuatan momen perlu menggunakan kombinasi beban DFBK (Nmm)

$$\begin{aligned} M_c &= \phi_c M_n = \text{Kekuatan lentur desain (Nmm)} \\ \phi_c &= \text{Faktor ketahanan untuk tekan} = 0.90 \\ \phi_b &= \text{Faktor ketahanan untuk lentur} = 0.90 \end{aligned}$$

3.3.7.4 Bresing Tahan Tekuk (BRB)

Dalam analisa penampang BRB, yang di analisa pada *steel core* (baja inti). Hal ini dikarenakan baja ini yang dianggap menerima gaya aksial ataupun momen. Sedangkan casing dan beton/mortar hanya berfungsi sebagai pengekang lateral baja inti (anti tekuk).

a. Kebutuhan Luas Penampang Batang Baja Inti (*Steel Core*)

$$\phi P_{ysc} = F_{ysc} \cdot A_{sc} \quad (3.46)$$

$$A_{sc} = \frac{\phi P_{ysc}}{F_{ysc}} \quad (3.47)$$

dengan :

P_{ysc} = kekuatan aksial rencana batang baja inti (*steel core*) (N)

F_{ysc} = tegangan leleh dari batang baja inti (MPa)

A_{sc} = luas penampang dari batang baja inti (mm²)

ϕ = 0,9

b. Kontrol *Demand Capacity Ratio* (DCR < 1)

$$DCR = \frac{P_u}{\phi P_{ysc}} \quad (3.48)$$

dengan :

DCR = *Demand Capacity Ratio*

P_u = gaya aksial ultimate (N)

P_{ysc} = kekuatan aksial rencana batang baja inti (*steel core*) (N)

ϕ = 0,9

c. Adjusted Brace Strength

Sambungan bresing dan batang yang saling berkaitan didesain untuk menahan gaya berdasarkan *adjusted brace strength*. Kuat tekan dari bresing ditentukan sebesar $\beta\omega R_y P_{ysc}$, sedangkan kuat tarik bresing adalah $\omega R_y P_{ysc}$. Berdasarkan AISC 341-05 Pasal C16.2d nilai β dan ω dapat ditentukan melalui persamaan sebagai berikut :

$$\beta = \frac{\beta\omega F_{ysc}A}{\omega F_{ysc}A} = \frac{P_{maks}}{T_{maks}} \quad (3.49)$$

$$\omega = \frac{\omega F_{ysc}A}{F_{ysc}A} = \frac{T_{maks}}{F_{ysc}A} \quad (3.50)$$

dimana :

β = faktor penyesuaian dari kuat tekan

ω = faktor penyesuaian dari pengerasan regangan (*strain hardening*)

P_{maks} = gaya tekan maksimum (N)

T_{maks} = gaya tarik maksimum dengan defromasi sesuai dengan 200% dari simpangan antar lantai (N)

F_{ysc} = kekuatan leleh dari batang baja ini (MPa)

d. Kontrol Bresing

- Kontrol Kondisi Leleh Batang Baja Inti

$$T_{maks} \geq Pn \quad (3.51)$$

$$Pn = \phi A_g f_{ysc} \quad (3.52)$$

- Kontrol Kondisi Putus Batang Baja Inti

$$T_{maks} \geq Pn \quad (3.53)$$

$$Pn = \phi A_e f_u \quad (3.54)$$

- Kontrol Kekuatan Rencana Batang Baja Inti

$$T_{maks} \geq \phi P_{ysc} \quad (3.55)$$

$$C_{maks} \geq \phi P_{ysc} \quad (3.56)$$

$$P_{ysc} = f_{ysc} A_{sc} \quad (3.57)$$

- Kontrol Kekuatan Tekan Mortar

$$C_{maks} \geq 1,3 T_{maks} \quad (3.58)$$

$$C_{maks} = \phi f_{cr} A_c \quad (3.59)$$

e. Penyesuaian Kapasitas Kekuatan Tarik dan Tekan

$$P_{U \text{ tarik}} = \omega R_y P_{ysc} \quad (3.60)$$

$$P_{U \text{ tekan}} = \beta \omega R_y P_{ysc} \quad (3.61)$$

Dari perhitungan penyesuaian kapasitas kekauan tarik dan tekan, hasil dari P_u tarik harus mendekati (hampir sama) dengan P_u tekan.

3.3.8 Perencanaan Sambungan

1. Sambungan Baut

Perencanaan sambungan baut pada tugas akhir ini mengacu pada SNI 1729:2015 pasal J.3 secara lengkap. Berdasarkan SNI tersebut, suatu baut yang memikul beban terfaktor harus memenuhi :

$$R_u \leq \phi R_n \quad (3.62)$$

$$R_n = F_u A_b \quad (3.63)$$

$$\phi = 0,75 \text{ (DFBK)} \quad (3.64)$$

Keterangan :

A_b = luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir (mm^2)

F_n = tegangan tarik nominal, F_{nt} , atau tegangan geser, F_{nv} dari SNI Tabel J3.2 (MPa)

Kekuatan tarik yang tersedia dari baut yang menahan kombinasi gaya tarik dan geser harus ditentukan sesuai dengan keadaan batas dari keruntuhan geser sebagai berikut:

$$R_n = F'_{nt} A_b \quad (3.65)$$

$$\phi = 0,75 \text{ (DFBK)} \quad (3.66)$$

$$F'_{nt} = 1,3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_{rv} \leq F_{nt} \quad (3.67)$$

Keterangan :

F'_{nt} = tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek tegangan geser (MPa)

F_{nt} = tegangan tarik nominal dari SNI Tabel J3.2 (MPa)

F_{nv} = tegangan geser dari SNI Tabel J3.2 (MPa)

f_{rv} = tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, (MPa)

Kekuatan geser dari elemen yang disambung harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas leleh dari pelelehan geser dan keruntuhan geser.

- Untuk pelelehan geser dari elemen

$$R_n = 0,6F_y A_{gv} ; \phi = 1 \quad (3.68)$$

A_{gv} adalah luas bruto yang menahan geser (mm^2)

- Untuk keruntuhan geser dari elemen

$$R_n = 0,6F_u A_{nv} ; \phi = 0,75 \quad (3.69)$$

A_{gv} adalah luas netto yang menahan geser (mm^2)

- Kekuatan yang tersedia untuk keadaan batas keruntuhan *block shear* sepanjang alur kegagalan geser harus diambil sebesar :

$$R_n = 0,6F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \leq 0,6F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt} \quad (3.70)$$

$$\phi = 0,75 \text{ (DFBK)} \quad (3.71)$$

Keterangan :

Bila tegangan tarik merata , $U_{bs} = 1$, bila tidak merata, $U_{bs} = 0,5$

2. Sambungan Las

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal J2, suatu las yang memikul beban terfaktor harus ditentukan menurut keadaan batas dari keruntuhan tarik dan keruntuhan geser dan kekuatan logam las.

Untuk logam dasar

$$R_n = F_{nBM} A_{BM} \quad (3.72)$$

Untuk logam las

$$R_n = F_{nw} A_{we} \quad (3.73)$$

Keterangan :

F_{nBM} = tegangan nominal dari logam dasar (MPa)

F_{nw} = tegangan nominal dari logam las (MPa)

A_{BM} = luas penampang logam dasar (mm^2)

A_{we} = luas efektif las (mm^2)

Untuk las sudut, kekuatan yang diizinkan adalah sebagai berikut :

- Untuk kelompok las linier, dibebani melalui titik berat

$$R_n = F_{nw} A_{we} \quad (3.74)$$

$$F_{nw} = 0,6F_{EXX}(1,0 + 0,5\sin^{1,5}\theta) \quad (3.75)$$

Keterangan :

F_{EXX} = kekuatan klasifikasi logam pengisi (MPa)

Θ = sudut pembebanan yang diukur dari sumbu longitudinal las, derajat

- Untuk elemen las dalam suatu kelompok las

$$R_{nx} = \sum F_{nwix} A_{wei} \quad (3.76)$$

$$R_{ny} = \sum F_{nwi y} A_{wei} \quad (3.77)$$

$$M_n = \sum [F_{nwi y} A_{wei} - F_{nwix} A_{wei}] \quad (3.78)$$

- Untuk kelompok las sudut konsentris

$$R_n = R_{nwi} + R_{nwt} \quad (3.79)$$

atau

$$R_n = 0,85R_{nwi} + 1,5R_{nwt} \quad (3.80)$$

Keterangan :

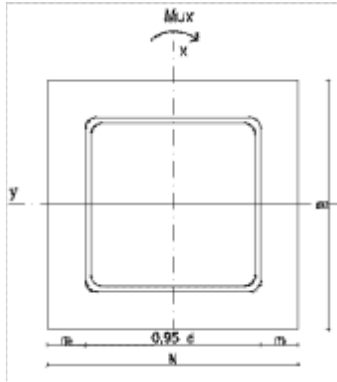
R_{nwi} = kekuatan nominal total dari las sudut yang dibebani longitudinal

R_{nwt} = kekuatan nominal total dari las sudut yang dibebani transversal

3.3.9 Perencanaan *Base Plate*

Perhitungan *base plate* adalah sebagai berikut :

$$e = \frac{Mux}{Pu} \quad (3.81)$$

Gambar 3.4 Penampang *Baseplate*

Akibat beban P_u :

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B \cdot N} \quad (3.82)$$

Akibat beban M_{ux} :

$$f_{pb} = \frac{6 \cdot M_{ux}}{B \cdot N^2} \quad (3.83)$$

Tekanan maksimal :

$$f_{p(max)} = f_{pa} + f_{pb} \quad (3.84)$$

Menentukan M_{upl} :

$$m = \frac{(N - 0.95 \times D)}{2} \quad (3.85)$$

$$M_{upl} = \left(f_{p(max)} - 2 \times f_{pb} \times \frac{m}{N} \right) \times \left(\frac{m^2}{2} \right) + \left(2 \times f_{pb} \times \frac{m}{N} \right) \times \left(\frac{m^2}{3} \right) \quad (3.86)$$

Menentukan tebal *baseplate*

$$t = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{upl}}{\phi \cdot f_y}} \quad (3.87)$$

3.3.10 Perhitungan Struktur Bawah

Perhitungan struktur bawah meliputi perhitungan dinding basement, tiang pancang, serta tebal poer / *pile cap*. Pondasi umumnya berlaku sebagai elemen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Dalam perencanaan pondasi dipergunakan pondasi tiang pancang dengan data tanah yang digunakan untuk perencanaan daya dukung didapat dari hasil SPT (*Standart Penetration Test*). Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung izin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

- a. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
- b. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

3.3.10.1 Perencanaan Dinding *Basement*

Perencanaan struktur dinding *basement* direncanakan menggunakan plat beton. Dalam perencanaan struktur dinding *basement* yang mampu memikul beban vertikal dan lateral dapat dilakukan dengan mengikuti diagram alir dan langkah-langkah dalam merencanakan dinding *basement* dengan plat beton antara lain :

1. Menentukan beban-beban yang akan bekerja pada dinding *basement*.
2. Perencanaan kedalaman dinding *basement* dengan metode *free-earth support*
3. *Preliminary design* dinding *basement*.
4. Penulangan dan desain dinding *basement*

3.3.10.2 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Perencanaan struktur pondasi menggunakan pondasi tiang pancang. Data tanah yang digunakan adalah data SPT (*Standard Penetration Test*). Untuk perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal, terdapat dua keadaan yang menentukan yaitu kekuatan bahan yang berdasarkan brosur dari tiang pancang WIKA, dan

kekuatan tanah yang memakai metode Luciano Decourt (1982,1996) :

$$Q_L = Q_P + Q_S \quad (3.88)$$

dimana :

Q_L = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi

Q_P = Daya dukung pada dasar pondasi

Q_S = Daya dukung akibat lekat lateral

$$Q_P = \alpha \times q_p \times A_p = \alpha (N_p \times K) \times A_p \quad (3.89)$$

dimana :

N_p = Nilai rata-rata SPT disekitar 4B atas hingga 4B bawah dasar tiang pondasi (B = diameter pondasi)

K = Koefisien karakteristik tanah :

- 12 t/m² untuk lempung
- 20 t/m² untuk lanau berlempung
- 25 t/m² untuk lanau berpasir
- 40 t/m² untuk pasir

A_p = Luas penampang dasar tiang

q_p = Tegangan di ujung tiang

α = *Base coefficient*

$$Q_S = \beta \times q_s \times A_s = \beta \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \times A_s \quad (3.90)$$

dimana :

q_s = Tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m²

\check{N}_s = Harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan : $3 < N < 50$

AP = luas selimut tiang

β = *shaft coefficient*

Tabel 3.6 Koefisien Harga α dan β

Pile/Soil	Clay		Intermediate Soil		Sands	
	α	β	α	β	α	β
Driven Pile	1	1	1	1	1	1
Bored Pile	0,85	0,8	0,6	0,65	0,5	0,5
Injected Pile	1	3	1	3	1	3

3.3.10.3 Perencanaan Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Untuk kasus daya dukung group pondasi, harus dikoreksi terlebih dahulu dengan apa yang disebut dengan koefisien efisiensi (C_e).

$$Q_{L(group)} = Q_{L(1 \text{ tiang})} \times n \times C_e \quad (3.91)$$

dimana :

n = jumlah tiang dalam grup

C_e = koefisien efisiensi

$Q_{L(group)}$ = daya dukung tiang pancang kelompok

$Q_{L(1 \text{ tiang})}$ = daya dukung 1 tiang pancang

Untuk menghitung koefisien efisiensi C_e , digunakan cara *Converse-Labarre* :

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{\phi}{s}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right) \quad (3.92)$$

dimana :

ϕ = diameter tiang pondasi

S = jarak as ke as antar tiang dalam group

m = jumlah baris tiang dalam group

n = jumlah kolom tiang dalam group

$C_e = 0,9 - 1,0$ (untuk jarak antar tiang pancang $> 3 \phi$)

Bila di atas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (*poer*) bekerja beban-beban vertikal (V), horizontal (H), dan momen (M), maka besarnya beban vertical ekuivalen (P_v) yang bekerja pada sebuah tiang adalah:

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y x_{max}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x y_{max}}{\sum y^2} \quad (3.93)$$

dimana :

P_v = beban vertical ekuivalen

V = beban vertical dari kolom

n = banyaknya tiang dalam group

M_x = momen terhadap sumbu x

M_y = momen terhadap sumbu y

x_{max} = absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

y_{max} = ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

$\sum x^2$ = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang terhadap garis netral group

$\sum y^2$ = jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang terhadap garis netral group

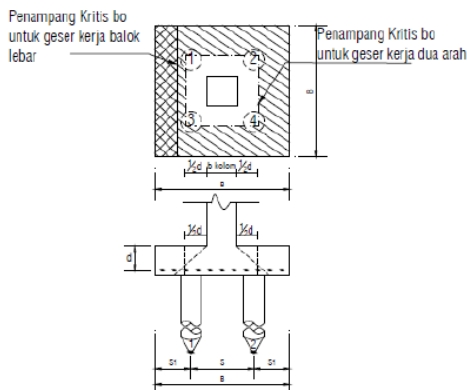
3.3.10.4 Perencanaan Tebal *Pile Cap* (Poer)

a. Kontrol Tebal Minimum Poer

Menurut SNI 2847:2013 tebal pondasi tapak diatas tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm untuk pondasi diatas tanah, atau kurang dari 300 mm untuk pondasi tapak (*footing*) diatas tiang pondasi.

b. Kontrol Geser Pons pada *Pile Cap* Akibat Beban Kolom

Kekuatan geser pondasi di sekitar kolom atau dinding yang dipikulnya harus ditentukan menurut mana yang lebih menentukan dari 2 kondisi tinjauan, baik sebagai kerja balok lebar satu arah maupun sebagai kerja dua arah. Dengan kerja balok lebar, pondasi dianggap sebagai balok lebar dengan penampang kritis pada lebar sepenuhnya. Biasanya kondisi ini jarang menentukan dalam desain. Kerja dua arah pada pondasi dimaksudkan untuk memeriksa kekuatan geser pons. Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $\frac{1}{2} d$ dari muka kolom yang dipikul pondasi.



Gambar 3.5 Kontrol Geser Pons pada Poer Akibat Beban Kolom

c. Kontrol Geser Satu Arah

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.94)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.95)$$

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.96)$$

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f'_c}b_wd \quad (3.97)$$

d. Kontrol Geser Dua Arah

Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil dari :

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.98)$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \quad (3.99)$$

$$V_c = 0,33\lambda\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \quad (3.100)$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \quad (3.101)$$

dimana :

β = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek penampang kolom

α = 40 untuk kolom dalam

= 30 untuk kolom tepi

= 20 untuk kolom sudut

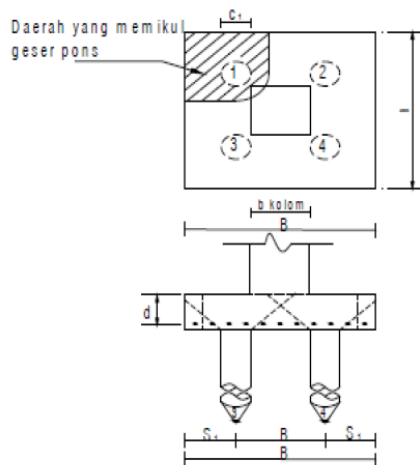
b_o = keliling dari penampang kritis

d = tinggi efektif pelat

e. Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Aksial Dari Tiang Pancang

Kekuatan geser pondasi di daerah sekitar tiang pancang yang dipikul harus ditentukan dengan kerja dua arah pada

pelat pondasi. Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $\frac{1}{2} d$ dari muka tiang pancang, yang mengelilingi tiang pancang yang dipikul oleh pelat pondasi. Untuk mencapai kondisi kerja balok dua arah, maka syarat jarak tiang pancang ke tepi harus lebih besar dari 1,5 kali diameter tiang pancang tersebut. Gambar 3.6 menjelaskan cara menentukan penampang kritis akibat aksial tiang pancang pada asumsi kerja dua arah.



Gambar 3.6 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Tiang Pancang

Kuat geser yang disumbangkan beton :

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.102)$$

Dimana V_c diambil dari nilai terkecil dari persamaan berikut ini :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \quad (3.103)$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \quad (3.104)$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \quad (3.105)$$

dimana :

β = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek penampang kolom

α = 40 untuk kolom dalam

= 30 untuk kolom tepi

= 20 untuk kolom sudut

b_o = keliling dari penampang kritis

d = tinggi efektif pelat

3.3.11 Penggambaran Teknik

Hasil modifikasi perencanaan struktur dituangkan dalam gambar teknik sesuai hasil perhitungan dengan menggunakan software bantu AutoCAD.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL PERENCANAAN

4.1 *Preliminary Design*

Preliminary design merupakan proses perencanaan awal yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi struktur gedung. Pada subbab ini akan dibahas *preliminary design* dari balok induk beton (lt. 1), balok anak beton (lt. 1), tebal pelat beton (lt. 1), dan tebal *shearwall basement*.

4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok Induk Beton

Tinggi minimum balok induk direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2 (Tabel 9.5(a). Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung). Untuk f_y selain 420 MPa nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 f_y/700)$. Direncanakan menggunakan tulang $f_y = 420$ MPa, sehingga dimensi balok induk direncanakan :

- Balok induk arah X

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{8000}{16} = 500 \text{ mm} \approx 750 \text{ mm}$$
$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2 \times 750}{3} = 500 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi balok induk arah X sebesar 50/75 cm.

- Balok induk arah Y

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{9000}{16} = 562 \text{ mm} \approx 750 \text{ mm}$$
$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2 \times 750}{3} = 500 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi balok induk arah Y sebesar 50/75 cm.

4.1.2 Perencanaan Dimensi Balok Anak Beton

Tinggi minimum balok anak direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2 (Tabel 9.5(a). Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung). Untuk f_y selain 420 MPa nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 f_y/700)$. Direncanakan menggunakan tulang $f_y = 420$ MPa, sehingga dimensi balok anak direncanakan :

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{9000}{21} = 428,57 \text{ mm} \approx 550 \text{ mm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2 \times 550}{3} = 366,67 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi balok anak sebesar 40/55 cm.

4.1.3 Perencanaan Dimensi Tebal Pelat Beton

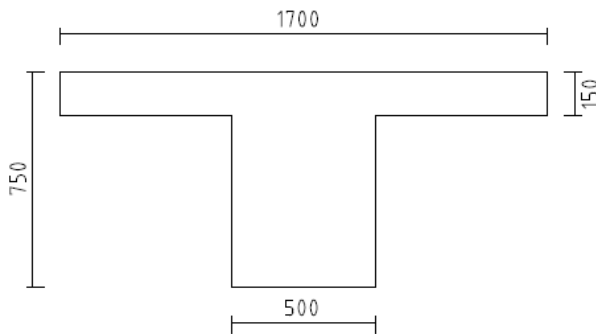
Direncanakan tebal pelat sebesar 15 cm dan ukuran balok induk sebesar 50/75 cm. Berikut adalah perhitungan dari *preliminary design* tebal pelat beton :

- Perhitungan lebar efektif

$$be_1 = L/4 = 900/4 = 225 \text{ cm}$$

$$be_2 = bw + 8t = 50 + 8 \cdot 15 = 170 \text{ cm (menentukan)}$$

$$be_3 = bw + \frac{1}{2} S = 50 + \frac{1}{2} 400 = 250 \text{ cm}$$



Gambar 4.1 Potongan Penampang Balok Induk T 50/75 cm

- Perhitungan nilai k dan α_m

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{hf}{hw}\right) + 4 \left(\frac{hf}{hw}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{170}{50} - 1\right) \left(\frac{15}{75}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{15}{75}\right) + 4 \left(\frac{15}{75}\right)^2 + \left(\frac{170}{50} - 1\right) \left(\frac{15}{75}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{170}{50} - 1\right) \left(\frac{15}{75}\right)}$$

$$k = 2,98$$

$$I_{\text{balok}} = \frac{1}{12} \times k \times b \times h^3$$

$$I_{\text{balok}} = \frac{1}{12} \times 2,98 \times 50 \times 75^3$$

$$I_{\text{balok}} = 5236875 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{pelat}} = bs \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_{\text{pelat}} = bs \times \frac{15^3}{12}$$

$$I_{\text{pelat}} = 253125 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_m = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{pelat}}} = \frac{5236875}{253125} = 20,69 > 2 \text{ (OK)}$$

Sehingga harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 Pasal 9.5 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} h_{\min} &= \frac{\text{Ln}\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \\ &= \frac{8000\left(0,8 + \frac{420}{1400}\right)}{36 + 9\left(\frac{8000}{4000}\right)} \\ &= 14,6 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm} \end{aligned}$$

4.1.4 Perencanaan Dimensi *Shearwall Basement*

Berdasarkan peraturan SNI 2847:2013 Pasal 14.5.3.1 ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bagian dinding yang ditopang secara lateral, diambil yang terkecil, dan tidak kurang daripada 100 mm.

$$h/25 = 3100/25 = 124 \text{ mm}$$

$$l/25 = 7000/25 = 280 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

Direncanakan tebal dinding geser sebesar 300 mm.

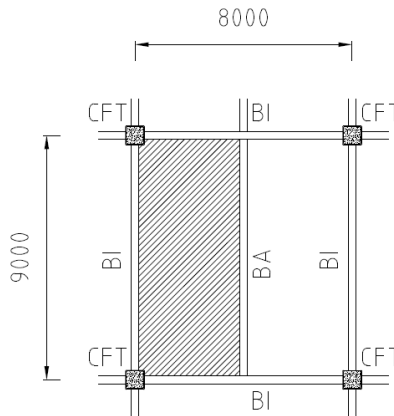
4.2 Perencanaan Struktur Sekunder

4.2.1 Perencanaan Pelat Lantai Gedung

Perencanaan pelat lantai pada gedung ini menggunakan bantuan tabel perencanaan praktis dari PT SUPER FLOOR DECK®. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Beban mati (berat sendiri bondek dan pelat beton) sudah diperhitungkan
- Berat berguna yang digunakan adalah jumlah beban hidup dan beban-beban finishing lainnya
- Beton menggunakan mutu $f_c' = 30$ MPa
- Bondex menggunakan tebal 0,75 mm
- Mutu baja tulangan U-48

4.2.1.1 Pelat Lantai Atap



Gambar 4.2 Pelat Lantai Atap

Berdasarkan peraturan pembebanan PPIUG 1983 dan SNI 1727:2013 berikut adalah pembebanan pada pelat lantai atap :

Beban Mati (PPIUG 1983) :

- Berat aspal (2 cm) : $2 \times 14 = 28 \text{ kg/m}^2$
- Berat plafon + penggantung : $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$
- Berat spesi (1 cm) : $1 \times 21 = 21 \text{ kg/m}^2$

- Berat *ducting* dan *plumbing* = 25 kg/m²

$$q_D = 92 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (SNI 1727:2013) :

- Lantai Atap $q_L = 97,9 \text{ kg/m}^2 \approx 100 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

- $Q_U = q_D + q_L = 92 + 100 = 192 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2$

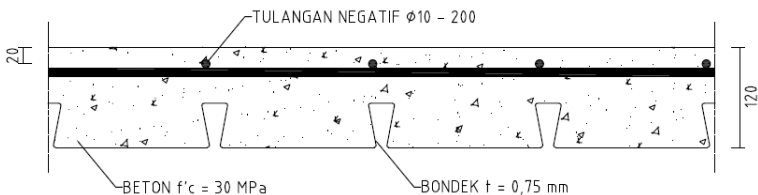
Dari perhitungan di atas diperoleh beban berguna sebesar 200 kg/m². Bentang dari atap yang akan direncanakan adalah 4 m menggunakan bentang menerus dengan tulangan negatif sehingga dari tabel perencanaan praktis dari PT SUPER FLOOR DECK® dapat ditentukan :

- Tebal pelat = 12 cm
- Tulangan negatif = 3,59 cm²/m

Jadi, tulangan yang digunakan berdiameter Ø10 dengan :

- Luas (A_s) = 0,785 cm²
- Jumlah tulangan (n) = $\frac{3,59}{0,785} = 4,57 \approx 5$ buah
- Jarak antar tulangan (s) = $\frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$

Jadi dipasang tulangan negatif 5Ø10 – 200

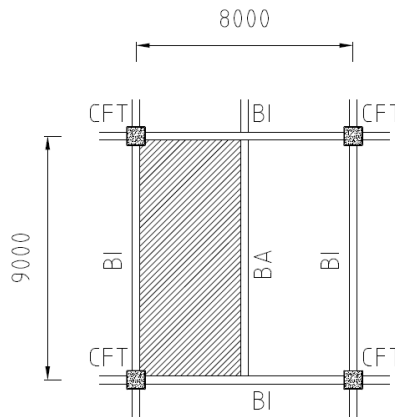


Gambar 4.3 Penulangan Pelat Atap

Tabel 4.1 Rekapitulasi Penulangan Pelat Atap

Bentang (m)	As total (cm ² /m)	φ Pakai (mm)	As pakai (cm ²)	n	Jarak (mm)	Tebal (cm)
3	2,51	10	0,785	4	250	9
3,25	2,7	10	0,785	4	250	10
4	3,59	10	0,785	5	200	12

4.2.1.2 Pelat Lantai Hotel



Gambar 4.4 Pelat Lantai Hotel

Berdasarkan peraturan pembebanan PPIUG 1983 dan SNI 1727:2013 berikut adalah pembebanan pada pelat lantai hotel :

Beban Mati (PPIUG 1983) :

- Berat keramik (1 cm) : 1 x 24 = 24 kg/m²
- Berat plafon + penggantung : 11 + 7 = 18 kg/m²
- Berat spesi (2 cm) : 2 x 21 = 42 kg/m²
- Berat *ducting* dan *plumbing* = 25 kg/m²

$$q_D = 109 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (SNI 1727:2013) :

- Lantai Hotel $q_L = 195,77 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

- $Q_U = q_D + q_L = 109 + 200 = 309 \text{ kg/m}^2 \approx 400 \text{ kg/m}^2$

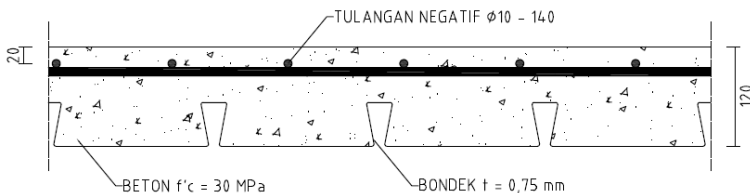
Dari perhitungan di atas diperoleh beban berguna sebesar 400 kg/m^2 . Bentang dari lantai hotel yang akan direncanakan adalah 4 m menggunakan bentang menerus dengan tulangan negatif sehingga dari tabel perencanaan praktis dari PT SUPER FLOOR DECK® dapat ditentukan :

- Tebal pelat = 12 cm
- Tulangan negatif = $4,99 \text{ cm}^2/\text{m}$

Jadi, tulangan yang digunakan berdiameter $\emptyset 10$ dengan :

- Luas (As) = $0,785 \text{ cm}^2$
- Jumlah tulangan (n) = $\frac{4,99}{0,785} = 6,35 \approx 7$ buah
- Jarak antar tulangan (s) = $\frac{1000}{7} = 142,86 \text{ mm} \approx 140 \text{ mm}$

Jadi dipasang tulangan negatif $7\emptyset 10 - 140$



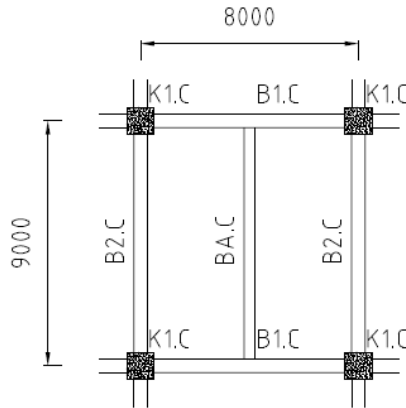
Gambar 4.5 Penulangan Pelat Lantai

Tabel 4.2 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai

Bentang (m)	As total (cm ² /m)	Φ Pakai (mm)	As pakai (cm ²)	n	Jarak (mm)	Tebal (cm)
3	2,51	10	0,785	5	200	10
3,25	3,84	10	0,785	5	200	10
4	4,99	10	0,785	7	140	12

4.2.1.3 Pelat Beton Lantai 1

Data perencanaan pelat lantai 1 yang dimensi tebalnya sudah dilakukan *preliminary design* pada subbab sebelumnya. Berikut akan dilakukan perhitungan penulangan pada pelat lantai 1 dengan pelat yang ditinjau adalah pelat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Pelat Lantai 1

- Data perencanaan

Tebal pelat = 150 mm

Selimut beton = 50 mm

L_y = 900 cm

L_x = 400 cm

Mutu beton = 30 MPa

Mutu tulangan = 420 MPa

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{900}{400} = 2,25 > 2 \text{ (1 Arah)}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \frac{(f'c - 28)}{7} \\ &= 0,85 - 0,05 \frac{(30 - 28)}{7} = 0,7643 \end{aligned}$$

$$p_{min} = 0,0018$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 12,352$$

$$\begin{aligned} dx &= \text{tebal pelat} - \text{selimut} - \frac{1}{2} d_{bawah} \\ &= 150 - 50 - \frac{1}{2} 12 = 94 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Pembebanan

Berdasarkan peraturan pembebanan PPIUG 1983 dan SNI 1727:2013 berikut adalah pembebanan pada pelat lantai hotel :

Beban Mati (PPIUG 1983) :

- Berat beton (0,15 x 2400)	:		= 360 kg/m ²
- Berat keramik (1 cm)	:	1 x 24	= 24 kg/m ²
- Berat plafon	+	11 + 7	= 18 kg/m ²
penggantung			
- Berat spesi (1 cm)	:	1 x 21	= 21 kg/m ²
- Berat <i>ducting</i> dan <i>plumbing</i>			= 25 kg/m ²
			<hr/>
qD			= 448 kg/m ²

Beban Hidup (SNI 1727:2013) :

- Lantai Hotel qL = 195,77 kg/m² ≈ 200 kg/m²

Beban Berfaktor :

$$\begin{aligned}
 q_U &= 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \\
 &= 1,2 \cdot 448 + 1,6 \cdot 200 \\
 &= 857,6 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

- Perhitungan penulangan tumpuan

$$\begin{aligned}
 M_u &= -\frac{1}{11} \times q_u \times l^2 = \frac{1}{11} \times 857,6 \times 4^2 \\
 &= -1247,42 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d \cdot x^2} = \frac{1247,42}{0,9 \times 1000 \times 93^2} = 1,54$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,352} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,352 \times 1,54}{420}} \right) = 0,003
 \end{aligned}$$

$$\rho > \rho_{\min} = 0,0018 \text{ maka dipakai : }$$

$$\rho = 0,003$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,003 \cdot 1000 \cdot 94 = 355,09 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{As \times 1000}{As_{perlu}} = \frac{113,09 \times 1000}{355,09} = 318,5 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan tumpuan Ø12-200

- Perhitungan penulangan lapangan

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{1}{16} \times qu \times l^2 = \frac{1}{11} \times 857,6 \times 4^2 \\ &= 857,6 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot dx^2} = \frac{857,6}{0,9 \times 1000 \times 93^2} = 1,05$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{12,352} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,352 \times 1,05}{420}} \right) = 0,002 \end{aligned}$$

$\rho > \rho_{min} = 0,0018$ maka dipakai :

$$\rho = 0,002$$

$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 1000 \cdot 94 = 241,65 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{As \times 1000}{As_{perlu}} = \frac{113,09 \times 1000}{241,65} = 468,02 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan tumpuan Ø12-200

- Perhitungan penulangan susut

$$d = 10 \text{ mm}$$

$$As = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$\rho = 0,0018$$

$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0018 \cdot 1000 \cdot 94 = 169,2 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{As \times 1000}{As_{perlu}} = \frac{78,54 \times 1000}{169,2} = 468,18 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan tumpuan Ø10-250

Tabel 4.3 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai 1

Ly (cm)	Lx (cm)	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Susut
650	300	Ø12-250	Ø12-250	Ø10-250
800	300	Ø12-250	Ø12-250	Ø10-250
900	325	Ø12-200	Ø12-200	Ø10-250
900	400	Ø12-200	Ø12-200	Ø10-250

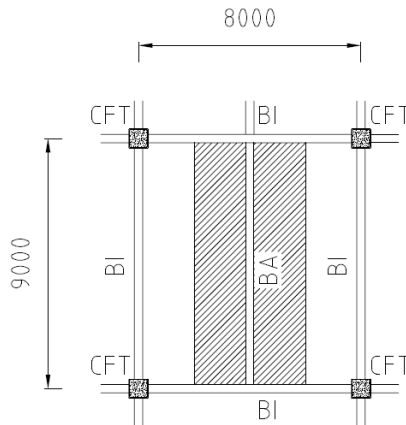
4.2.2 Perencanaan Balok Anak

Fungsi dari balok anak adalah meneruskan serta membagi beban yang dipikul pelat lantai ke balok induk. Balok anak didesain sebagai struktur sekunder sehingga dalam perhitungan tidak menerima beban lateral yang diakibatkan oleh gempa.

4.2.2.1 Balok Anak Lantai Atap

Menggunakan profil WF 450 x 300 x 10 x 15 dengan data-data sebagai berikut :

W	= 106 kg/m	r	= 24 mm	h	= 434-2(16+24)
A	= 135 cm ²	Z _x	= 2287 cm ³		= 354 mm
t _w	= 10 mm	i _y	= 7,04 cm	bf	= 299 mm
t _f	= 15 mm	I _x	= 46800 cm ⁴	f _y	= 250 MPa
d	= 434 mm	I _y	= 6690 cm ⁴	f _u	= 410 MPa



Gambar 4.7 Balok Anak Lantai Atap

a. Pembebanan pada balok anak lantai atap

Beban Mati :

- Berat pelat bondek = 10,1 kg/m²
- Berat aspal (2 cm) : 2 x 14 = 28 kg/m²
- Berat plafon + : 11 + 7 = 18 kg/m²
- penggantung
- Berat spesi (1 cm) : 1 x 21 = 21 kg/m²

- Berat *ducting* dan *plumbing* = 25 kg/m²
- Berat beton (12 cm) : 0,12 x 2400 = 288 kg/m²
= 390,1 kg/m²
- Beban mati per satuan meter : 390,1 x 4 = 1560,4 kg/m
- Berat profil : = 106 kg/m
qD = 1666,4 kg/m

Beban Hidup (SNI 1729:2013) :

- Lantai Atap = 97,9 kg/m²
qL = 97,9 x 4 = 390,56 kg/m

Beban Berfaktor :

$$qU = 1,2 \cdot qD + 1,6 \cdot qL$$

$$= 1,2 \cdot 1666,4 + 1,6 \cdot 390,56 = 2624,6 \text{ kg/m}$$

b. Gaya dalam pada balok anak lantai atap

- Momen yang terjadi

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 2624,6 \times 9^2$$

$$= 26574 \text{ kg.m}$$
- Gaya geser yang terjadi

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 2624,6 \times 9$$

$$= 11811 \text{ kg}$$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{299}{2 \times 15} = 9,34$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda < \lambda_{pf} \rightarrow 9,34 < 10,75 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{354}{10} = 35,4$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 106,35$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow 35,4 < 106,35 \rightarrow$ Penampang kompak

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 2287 = 5717500 \text{ kg.cm} \\ &= 57175 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \cdot 57175 \\ &= 51457,5 \text{ kg.m} > M_u = 26574 \text{ kg.m} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

- Kontrol terhadap tekuk lateral

Jarak pengaku lateral (L_b) = 20 cm

$$L_p = 362,4 \text{ cm}$$

$$L_r = 1130,174 \text{ cm}$$

$L_b < L_p < L_r \rightarrow$ Bentang pendek

Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 2287 = 5717500 \text{ kg.cm} \\ &= 57175 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \cdot 57175 \\ &= 51457,5 \text{ kg.m} > M_u = 26574 \text{ kg.m} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

- d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk badan yang tidak diperkuat atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

Nilai C_v dihitung dengan harga $K_v = 5$ untuk badan tanpa pengaku transversal dan $h/t_w < 260$, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{h}{t_w} = 35,4 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5,2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} = 35,4 < 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

Sehingga didapatkan nilai $C_v = 1,0$, maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \\ &= 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot (43,4 \times 10) \cdot 1 \\ &= 58590 \text{ kg} > 15971 \text{ kg} \rightarrow \text{OK !} \end{aligned}$$

e. Kontrol lendutan

$$L = 12 \text{ m} = 900 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{900}{360} = 2,5 \text{ cm}$$

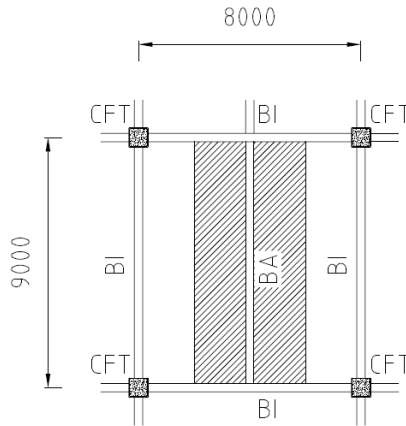
$$\begin{aligned} f_o &= \frac{5 \cdot (q_D + q_L) \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} = \frac{5 \cdot (16,974 + 3,9056) \cdot 900^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 46800} \\ &= 1,88 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f_o < f_{ijin} \rightarrow 1,88 \text{ cm} < 2,5 \text{ cm} \rightarrow \text{OK !}$$

4.2.2.2 Balok Anak Lantai Hotel

Menggunakan profil WF 450 x 300 x 10 x 15 dengan data-data sebagai berikut :

W	= 106 kg/m	r	= 24 mm	h	= 434-2(10+24)
A	= 135,5 cm ²	Z _x	= 2287 cm ³		= 356 mm
t _w	= 10 mm	i _y	= 7,04 cm	bf	= 299 mm
t _f	= 15 mm	I _x	= 46800 cm ⁴	f _y	= 250 MPa
d	= 434 mm	I _y	= 6690 cm ⁴	f _u	= 410 MPa



Gambar 4.8 Balok Anak Lantai Hotel

a. Pembebanan pada balok anak lantai hotel

Beban Mati :

- Berat pelat bondek = 10,1 kg/m²
- Berat keramik (1 cm) : 1 x 24 = 24 kg/m²
- Berat plafon + : 11 + 7 = 18 kg/m²
- penggantung
- Berat spesi (2 cm) : 2 x 21 = 42 kg/m²
- Berat *ducting* dan = 25 kg/m²
- plumbing*
- Berat beton (12 cm) : 0,12 x 2400 = 288 kg/m²
-
- = 407,1 kg/m²
- Beban mati per satuan : 407,1 x 4 = 1628,4 kg/m
- meter
- Berat profil : = 106 kg/m
- qD = 1734,4 kg/m**

Beban Hidup (SNI 1729:2013) :

- Lantai Atas = 195,79 kg/m²
- qL = 195,79 x 4 = 783,14 kg/m**

Beban Berfaktor :

$$\begin{aligned}
 qU &= 1,2 \cdot qD + 1,6 \cdot qL \\
 &= 1,2 \cdot 1734,4 + 1,6 \cdot 783,14 = 3334,3 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Gaya dalam pada balok anak lantai hotel

- Momen yang terjadi

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 3334,3 \times 9^2 \\ &= 33760 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Gaya geser yang terjadi

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 3334,3 \times 9 \\ &= 15004 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{299}{2 \times 15} = 9,34$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda < \lambda_{pf} \rightarrow 9,34 < 10,75 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{354}{10} = 35,4$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow 35,4 < 106,35 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 2287 = 5717500 \text{ kg.cm} \\ &= 57175 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 57175$$

$$= 51457,5 \text{ kg.m} > M_u = 33759,89 \text{ kg.m} \dots \text{OK}$$

- Kontrol terhadap tekuk lateral

Jarak pengaku lateral (L_b) = 20 cm

$$L_p = 362,4 \text{ cm}$$

$$L_r = 1130,174 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p < L_r \rightarrow \text{Bentang pendek}$$

Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 2287 = 5717500 \text{ kg.cm} \\ &= 57175 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 57175$$

$$= 51457,5 \text{ kg.m} > M_u = 33759,89 \text{ kg.m} \dots \text{OK}$$

d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk badan yang tidak diperkuat atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

Nilai C_v dihitung dengan harga $K_v = 5$ untuk badan tanpa pengaku transversal dan $h/t_w < 260$, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{h}{t_w} = 35,4 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} = 35,4 < 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

Sehingga didapatkan nilai $C_v = 1,0$, maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \cdot 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \\ &= 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot (43,4 \times 10) \cdot 1 \\ &= 58590 \text{ kg} > 15004,4 \text{ kg} \rightarrow \text{OK !} \end{aligned}$$

e. Kontrol lendutan

$$L = 12 \text{ m} = 900 \text{ cm}$$

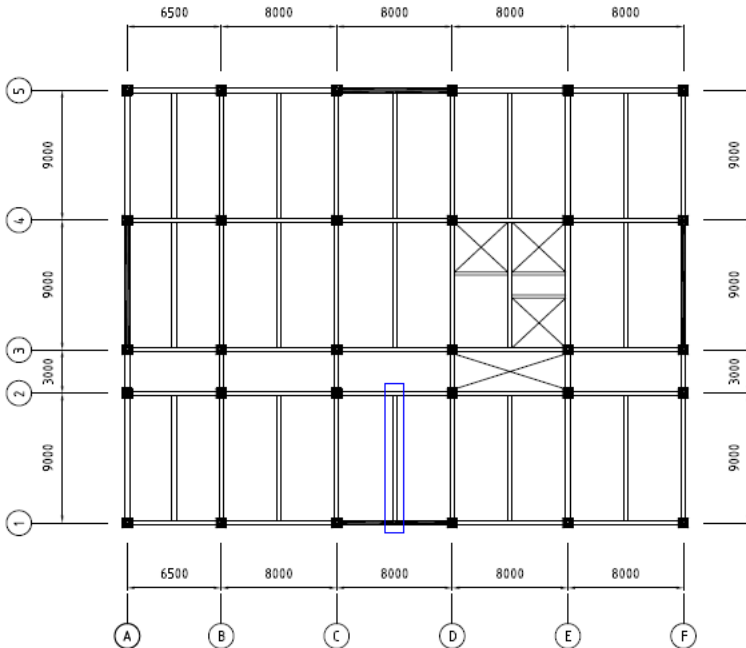
$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{1200}{360} = 2,5 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5 \cdot (q_D + q_L) \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} = \frac{5 \cdot (17,8 + 7,83) \cdot 900^4}{384 \cdot 2.10^6 \cdot 46800} = 2,29 \text{ cm}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 2,29 \text{ cm} < 2,5 \text{ cm} \rightarrow \text{OK !}$$

4.2.2.2 Balok Anak Lantai 1

Dalam subbab *preliminary design* sudah ditentukan dimensi dari balok anak beton yaitu 40/55 cm. Pada subbab ini akan dibahas perencanaan penulangan balok anak beton. Balok anak yang ditinjau pada contoh perhitungan dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut :



Gambar 4.9 Balok Anak yang Ditinjau Pada Lantai 1

- Data perencanaan

$$\text{Mutu beton } (f'c) = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu tulangan } (fy) = 420 \text{ MPa}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$h = 550 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d &= h - \text{selimut} - 0,5 d_{\text{longitudinal}} - d_{\text{transversal}} \\ &= 550 - 40 - 0,5 \times 19 - 0,5 \times 10 \\ &= 490,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{selimut} - 0,5 d_{\text{longitudinal}} - d_{\text{transversal}} \\ &= 50 - 0,5 \times 19 - 0,5 \times 13 \\ &= 72,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \frac{(f'c - 28)}{7} \\ &= 0,85 - 0,05 \frac{(30 - 28)}{7} = 0,7643 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,7643 \times 30}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0364 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0364 = 0,0273$$

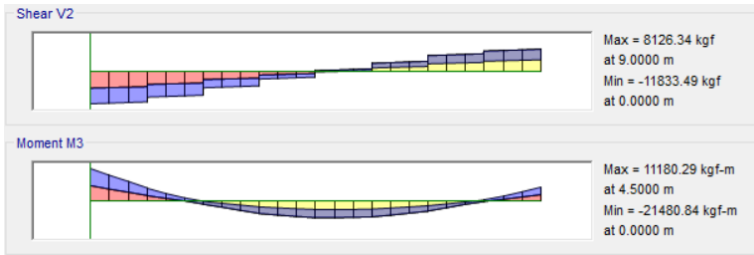
$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{420} = 0,0033 ; \text{ atau}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{fy} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} = 0,00326$$

$$\rho_{\text{min digunakan}} = 0,0033$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,47$$

Berdasarkan hasil dari analisis program bantu ETABS 2016 didapatkan gaya dalam balok induk beton sebagai berikut :



Gambar 4.10 Gaya Dalam Balok Anak Beton

$$\begin{aligned} V_u &= 11833,49 \text{ kg} \\ \mu_u \text{ tumpuan} &= 21480,84 \text{ kg} \\ \mu_u \text{ lapangan} &= 11180,29 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Perhitungan tulangan tumpuan

$$\mu_u = 21480,84 \text{ kgm} = 214808400 \text{ Nmm}$$

$$\phi = 0,9$$

$$M_n = \frac{\mu_u}{\phi} = \frac{214808400}{0,9} = 238676000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{238676000}{400 \times 490,5^2} = 2,48$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 2,48}{420}} \right) \\ &= 0,00621 > \rho_{\text{min}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,00621 \times 400 \times 490,5 \\ &= 1221,16 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s} = \frac{1221,16}{283,529} = 4,31 \approx 5 \text{ buah}$$

Maka digunakan tulangan tumpuan 5D19

- Perhitungan tulangan lapangan

$$\mu_u = 11180,29 \text{ kgm} = 111802900 \text{ Nmm}$$

$$\phi = 0,9$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{111802900}{0,9} = 124225444,44 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{124225444,44}{400 \times 490,5^2} = 1,291$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{16,47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 1,291}{420}} \right)$$

$$= 0,00316 < \rho_{\text{min}}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0033$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$= 0,00352 \times 400 \times 490,5$$

$$= 654 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As_{\text{perlu}}}{As} = \frac{654}{283,53} = 2,31 \approx 3 \text{ buah}$$

Maka digunakan tulangan lapangan 3D19

- Perhitungan tulangan geser

$$Vu = 11833,49 \text{ kg} = 118334,9 \text{ N}$$

$$\phi = 0,75$$

$$Vc = \frac{1}{6} \times b \times d \times \sqrt{f'c}$$

$$= \frac{1}{6} \times 400 \times 489 \times \sqrt{30}$$

$$= 192864,201 \text{ N}$$

$$\phi Vc = 144648,151 \text{ N} > Vu ,$$

Maka digunakan tulangan sengkang minimum.

$$S_{\text{maks}} = \frac{d}{2} = \frac{490,5}{2} = 244,25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{As \times fy}{0,062 \times b \times \sqrt{f'c}} = \frac{78,54 \times 420}{0,062 \times 400 \times \sqrt{30}}$$

$$= 242,84 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{As \times fy}{0,35 \times b} = \frac{78,54 \times 420}{0,35 \times 400}$$

$$= 235,62 \text{ mm}$$

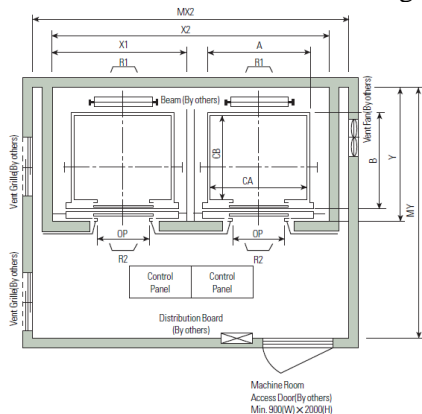
$$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan geser D10-200

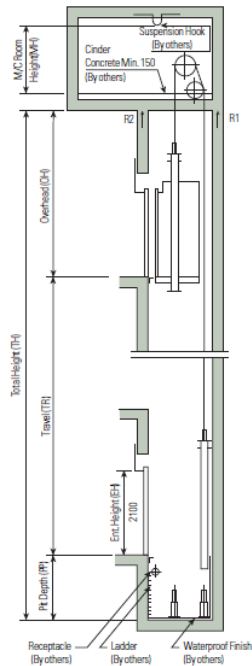
4.2.3 Perencanaan Balok *Lift*

Pada perencanaan balok *lift* ini meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung *lift*. Pada bangunan ini menggunakan *lift* penumpang dengan data-data sebagai berikut (untuk lebih jelasnya lihat lampiran brosur *lift*) :

- Tipe *lift* : *Passenger Elevators*
- Merek : HYUNDAI
- Kapasitas : 11 Orang / 750 kg
- Lebar Pintu (*Opening Width*) : 800 mm
- Dimensi Ruang Luncur : 3700 x 1930 mm²
(*Hoistway Inside*) 2 Car
- Dimensi Sangkar (*Car Size*)
 - Internal : 1400 x 1350 mm²
 - Eksternal : 1460 x 1505 mm²
- Dimensi Ruang Mesin (2 Car) : 4000 x 3700 mm²
- Beban Reaksi Ruang Mesin
 - R₁ : 7100 kg
 - R₂ : 5600 kg



Gambar 4.10 Denah *Lift*



Gambar 4.11 Potongan Melintang *Lift*

4.2.3.1 Balok Penggantung *Lift*

Balok penggantung *lift* direncanakan menggunakan profil WF 400 x 200 x 7 x 11 dengan data-data sebagai berikut :

W	= 56,6 kg/m	R	= 16 mm	h	= 396-2(11+16)
A	= 72,16 cm ²	Z _x	= 1088 cm ³		= 342 mm
t _w	= 7 mm	I _y	= 4,48 cm	bf	= 199 mm
t _f	= 11 mm	I _x	= 20000 cm ⁴	f _y	= 250 MPa
d	= 396 mm	I _y	= 1450 cm ⁴	f _u	= 410 MPa

a. Pembebanan pada balok penggantung *lift*

Beban Mati :

- Berat profil	= 56,6 kg/m
- Berat sambungan, dll (10%)	= 5,66 kg/m
q _D	= 62,26 kg/m

Beban Hidup :

$$\begin{aligned} - \text{Beban hidup untuk } maintenance &= 100 \text{ kg/m}^2 \\ qL &= 200 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban Berfaktor :

$$\begin{aligned} qU &= 1,2 \cdot qD + 1,6 \cdot qL \\ &= 1,2 \cdot 62,26 + 1,6 \cdot 200 \\ &= 394,71 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

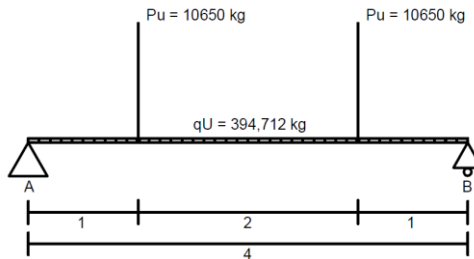
- Beban Terpusat Lift

Pada pasal 4.6 SNI 1727:2013 menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 50% untuk mensin yang bergerak maju dan mundur atau unit tenaga *driven*. Semua persentase harus meningkat bila disyaratkan oleh produsen.

$$PU_1 = R_1 \cdot (1+50\%) = 7100 \cdot (1+50\%) = 10650 \text{ kg}$$

$$PU_2 = R_2 \cdot (1+50\%) = 5600 \cdot (1+50\%) = 8400 \text{ kg}$$

b. Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok penumpu lift



Gambar 4.12 Model Pembebanan Balok Penggantung Lift

- Reaksi perletakan

$$\sum M_A = 0$$

$$R_B = \frac{P_U \cdot 1 + 3P_U + \frac{1}{2}q_U \cdot L^2}{4}$$

$$R_B = \frac{10650 \cdot 1 + 10650 \cdot 3 + \frac{1}{2} \cdot 394,71 \cdot 4^2}{4} = 11439,42 \text{ kg}$$

$$R_A = R_B = 11439,42 \text{ kg}$$

- Momen maksimum

$$\begin{aligned} M_{\text{maks}} &= R_A \cdot 2 - P_U \cdot 1 - q_U \cdot 2 \cdot 1 = 11439,42 \cdot 2 - 10650 \\ &\quad - 394,71 \cdot 2 \\ &= 11439,42 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Gaya geser

$$V_{\text{maks}} = R_A = R_B = 11439,42 \text{ kg}$$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{199}{2 \times 11} = 9,05$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda < \lambda_{pf} \rightarrow 8,82 < 10,75 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{342}{7} = 48,85$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow 48,85 < 106,35 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 1088 = 2720000 \text{ kg.cm} \\ &= 27200 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 27200$$

$$= 24480 \text{ kg.m} > M_u = 11439,42 \text{ kg.m} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol terhadap tekuk lateral
Jarak pengaku lateral (L_b) = 400 cm

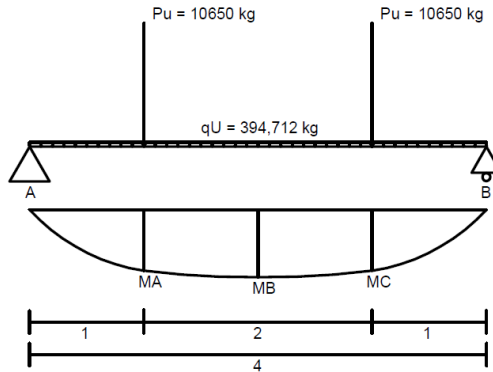
$$L_p = 223,016 \text{ cm}$$

$$L_r = 622,864 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{Bentang menengah}$$

Karena bentang menengah, maka :

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right] \leq M_p$$



Gambar 4.13 Diagram Momen Balok Penggantung Lift

$$\begin{aligned} M_A &= M_C \\ &= RA \cdot 1 - qU \cdot 1 \cdot 0,5 \\ &= 11439,42 - 197,356 \\ &= 11242,068 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_B &= M_{maks} \\ &= 11439,42 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$C_b = \frac{12,5M_{maks}}{2,5M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2,3$$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{12,5 \times 11439,42}{2,5 \times 11439,42 + 3 \times 11242,068 + 4 \times 11439,42 + 3 \times 11242,068} \leq 2,3 \\ C_b &= 1,01 \leq 2,3 \rightarrow C_b = 1,01 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_p &= Z_x \cdot f_y \\
 &= 1088 \cdot 2500 = 2720000 \text{ kg.cm} = 27200 \text{ kg.m} \\
 M_r &= S_x \cdot (f_y - f_r) \\
 &= 1010 \cdot (2500 - 700) = 1818000 \text{ kg.cm} \\
 &= 18180 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right] \leq M_p \\
 M_n &= 1,01 \left[18180 + (27200 - 18180) \frac{622,86 - 400}{622,86 - 233,02} \right] \\
 &= 23401,28 \text{ kg.m} < M_p \\
 &= 27200 \text{ kg.m} \rightarrow \text{Maka dipakai } M_n
 \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang :

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 23401$$

$$= 21061 \text{ kg.m} > M_u = 11439,42 \text{ kg.m} \dots \text{OK !}$$

- d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser
 Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk badan yang tidak diperkuat atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

Nilai C_v dihitung dengan harga $K_v = 5$ untuk badan tanpa pengaku transversal dan $h/t_w < 260$, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{h}{t_w} = 48,85 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} = 41 < 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

Sehingga didapatkan nilai $C_v = 1,0$, maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
V_u &\leq \phi V_n \\
\phi V_n &= \phi 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \\
&= 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot (39,6 \times 0,7) \cdot 1 \\
&= 37422 \text{ kg} > 11439,42 \text{ kg} \rightarrow \text{OK !}
\end{aligned}$$

e. Kontrol lendutan

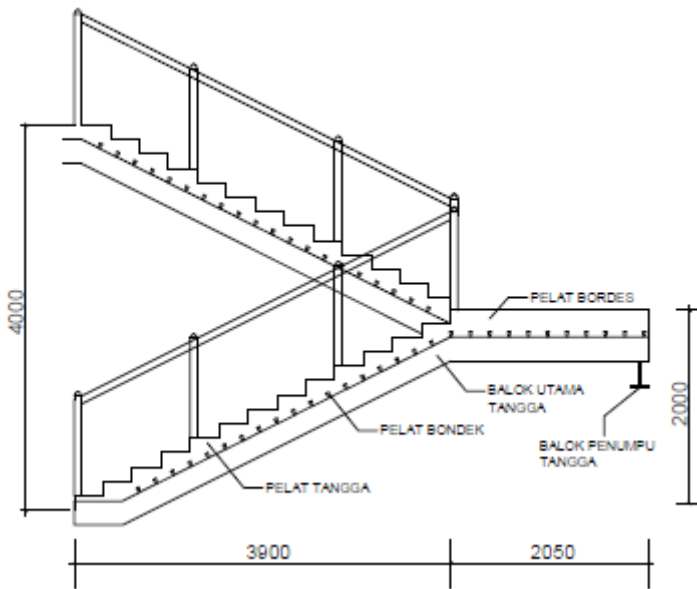
$$\begin{aligned}
L &= 4 \text{ m} = 400 \text{ cm} \\
f_{ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{400}{360} = 1,11 \text{ cm} \\
f^o &= \frac{5 \cdot (qD + qL) \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} + \frac{P \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I_x} \\
&= \frac{5 \cdot (0,623 + 2) \cdot 400^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 20000} + \frac{(10650 + 10650) \cdot 400^2}{48 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 20000} \\
&= 0,732 \text{ cm} \\
f^o < f_{ijin} &\rightarrow 0,732 \text{ cm} < 1,11 \text{ cm} \rightarrow \text{OK !}
\end{aligned}$$

4.2.4 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan bertingkat sebagai penunjang antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya. Pada gedung Hotel Swiss-Bellin Surabaya ini struktur tangga direncanakan sebagai tangga darurat dengan menggunakan konstruksi dari bondek.

4.2.4.1 Data Perencanaan

- Tinggi antar lantai = 400 cm
- Panjang bordes = 300 cm
- Panjang tangga = 390 cm
- Lebar tangga = 140 cm
- Lebar bordes = 205 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Tinggi injakan (t) = 15 cm
- Lebar pegangan tangga = 10 cm
- Persyaratan jumlah injakan tangga adalah sebagai berikut:
 $60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$
 $25^\circ < \alpha < 40^\circ$



Gambar 4.15 Potongan Tangga

4.2.4.2 Perencanaan Pelat Anak Tangga

Berat jenis baja = 7850 kg/m³

Mutu baja BJ 41 $f_y = 250$ MPa

Mutu beton $f_c' = 30$ MPa

a. Perencanaan pembebanan pelat tangga

Beban mati

- Berat keramik = 36 kg/m
- Berat spesi = 31,5 kg/m

$$q_D = 67,5 \text{ kg/m}$$

Beban hidup :

$$q_L = 488,444 \text{ kg/m}^2$$

Beban berguna

$$q_D + q_L = 555,944 \text{ kg/m}^2 \approx 600 \text{ kg/m}^2$$

b. Perencanaan pelat bondek

Bentang menerus dengan tulangan negative dengan satu baris penyangga

- Bentang = 150 cm

- Tebal pelat beton = 9 cm

- Tulangan negatif = 1,11 cm²/m

Digunakan tulangan negatif dengan Ø8 (As = 0,503 cm²)

- Jumlah tulangan = $\frac{1,11}{0,503} = 2,2 \approx 3$ buah

- Jarak antar tulangan = $\frac{1000}{3} = 333,33 \text{ mm} \approx 330 \text{ mm}$

Jadi, dipasang tulangan negatif Ø8-330

4.2.4.3 Perencanaan Pelat Bordes

a. Perencanaan pembebanan pelat bordes

Beban mati

- Berat keramik = 1 x 24 = 24 kg/m

- Berat spesi = 1 x 21 = 21 kg/m

qD = 45 kg/m

Beban hidup :

qL = 488,444 kg/m²

Beban berguna

qD + qL = 555,944 kg/m² $\approx 600 \text{ kg/m}^2$

b. Perencanaan pelat bondek

Bentang menerus dengan tulangan negative dengan satu baris penyangga

- Bentang = 150 cm

- Tebal pelat beton = 9 cm

- Tulangan negatif = 1,11 cm²/m

Digunakan tulangan negatif dengan Ø8 (As = 0,503 cm²)

- Jumlah tulangan = $\frac{1,11}{0,503} = 2,2 \approx 3$ buah

- Jarak antar tulangan = $\frac{1000}{3} = 333,33 \text{ mm} \approx 330 \text{ mm}$

Jadi, dipasang tulangan negatif Ø8-330

4.2.4.4 Perencanaan Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 250 x 125 x 5 x 8 dengan data-data sebagai berikut :

W	= 25,7 kg/m	r	= 12 mm	h	= 248-2(8+12)
A	= 32,68 cm ²	Z _x	= 305 cm ³		= 208 mm
t _w	= 5 mm	i _y	= 2,79 cm	bf	= 124 mm
t _f	= 8 mm	I _x	= 3540 cm ⁴	f _y	= 250 MPa
d	= 248 mm	I _y	= 255 cm ⁴	f _u	= 410 MPa

Tebal pelat anak tangga = 9 cm

Tebal rata-rata (tr) = $15 + \sin(27,15^\circ) = 15,46$ cm

Tebal total = $9 + 15,46 = 24,46$ cm = 0,245 m

a. Perencanaan pembebanan anak tangga

Beban mati :

$$\text{- Berat pelat} = 0,245 \times \frac{1,4}{2} \times \frac{2400}{\cos(27,15)} = 461,74 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat bondek} = 10,1 \times \frac{1,4/2}{\cos(27,15)} = 7,95 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat keramik} = \frac{0,45}{0,3} \times 24 \times \frac{1,4}{2} = 25,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat spesi} = \frac{0,45}{0,3} \times 21 \times \frac{1,4}{2} = 25 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat railing} = 10 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat profil} = 25,7 \text{ kg/m}$$

$$= 545,29 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat sambungan} = 54,53 \text{ kg/m}$$

$$qD_1 = 599,53 \text{ kg/m}$$

Beban hidup :

$$\text{- Lantai hotel} = 488,44 \text{ kg/m}^2$$

$$qL_1 = 488,44 \times \frac{1,4}{2} = 366,33 \text{ kg/m}$$

Beban berfaktor :

$$\begin{aligned} qU_1 &= 1,2 qD_1 + 1,6 qL_1 \\ &= 1,2 \cdot 599,53 + 1,6 \cdot 366,33 \\ &= 1305,914 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b. Perencanaan pembebanan bordes

Beban mati :

- Berat pelat	$= 0,09 \times \frac{1,4}{2} \times 2400$	$= 151,2 \text{ kg/m}$
- Berat bondek	$= 10,1 \times \frac{1,4}{2}$	$= 7,07 \text{ kg/m}$
- Berat keramik	$= 24 \times \frac{1,4}{2}$	$= 16,8 \text{ kg/m}$
- Berat spesi	$= 21 \times \frac{1,4}{2}$	$= 14,7 \text{ kg/m}$
- Berat railing tangga		$= 10 \text{ kg/m}$
- Berat profil		$= 25,7 \text{ kg/m}$
		$= 225,47 \text{ kg/m}$
- Berat sambungan		$= 22,55 \text{ kg/m}$
	qD_2	$= 248,02 \text{ kg/m}$

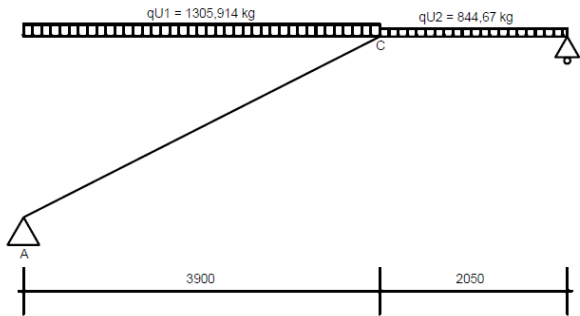
Beban hidup :

- Lantai hotel		$= 488,44 \text{ kg/m}^2$
	$qL_2 = 488,44 \times \frac{1,4}{2}$	$= 366,33 \text{ kg/m}$

Beban berfaktor :

$$\begin{aligned} qU_2 &= 1,2 qD_2 + 1,6 qL_2 \\ &= 1,2 \cdot 248,02 + 1,6 \cdot 366,33 \\ &= 844,67 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

c. Perhitungan gaya dalam



Gambar 4.16 Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga

$$\sum M_A = 0$$

$$R_B = \frac{qU_1 \times 3,9 \times 1,95 + qU_2 \times 2,05 \times \left(\frac{2,05}{2} + 3,9\right)}{5,95}$$

$$\begin{aligned} R_B &= \frac{1305,92 \times 3,9 \times 1,95 + 844,68 \times 2,05 \times \left(\frac{2,05}{2} + 3,9\right)}{5,95} \\ &= 3102,45 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A = \frac{qU_1 \times 3,9 \times \left(\frac{3,9}{2} + 2,05\right) + qU_2 \times 2,05 \times \left(\frac{2,05}{2}\right)}{5,95}$$

$$\begin{aligned} R_A &= \frac{1305,92 \times 3,9 \times \left(\frac{3,9}{2} + 2,05\right) + 844,68 \times 2,05 \times \left(\frac{2,05}{2}\right)}{5,95} \\ &= 3722,21 \text{ kg} \end{aligned}$$

Bidang M

• Titik A-C

$$\begin{aligned} M_x &= R_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot qU_1 \cdot x^2 \\ &= 3722,21 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot 1305,92 \cdot x^2 \end{aligned}$$

$$x = 0$$

$$M_A = 0 \text{ kg/m}$$

$$x = 3,9 \text{ m}$$

$$M_C = 4585,13 \text{ kg.m}$$

Momen maksimum terjadi apabila $\frac{dM_x}{dx} = 0$

$$\frac{dM_x}{dx} = R_A - qU_1 \cdot x = 0$$

$$x = 2,85 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{maks}} &= 3722,21 \cdot 2,85 - \frac{1}{2} \cdot 1305,92 \cdot 2,85^2 \\ &= 5304,65 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Titik B-C

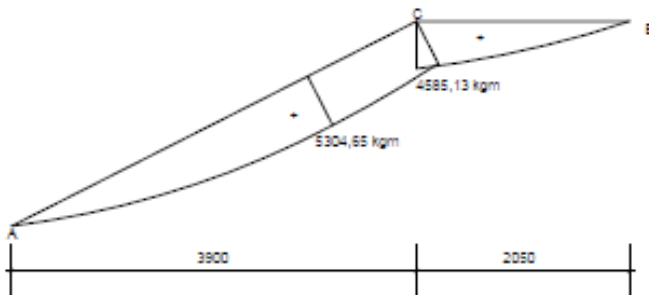
$$\begin{aligned} M_x &= R_B \cdot x - \frac{1}{2} \cdot qU_2 \cdot x^2 \\ &= 3102,45 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot 844,67 \cdot x^2 \end{aligned}$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$M_B = 0 \text{ kg.m}$$

$$x = 2,05 \text{ m}$$

$$M_C = 4585,13 \text{ kg.m}$$



Gambar 4.17 Bidang M Balok Utama Tangga

Bidang D

- Titik A-C

$$\begin{aligned} D_x &= R_A \cdot \cos(27,15^\circ) - qU_1 \cdot x \cdot \cos(27,15^\circ) \\ &= 3722,21 \cdot \cos(27,15^\circ) - 1305,92 \cdot x \cdot \cos(27,15^\circ) \end{aligned}$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{Aka} &= 3722,21 \cdot \cos(27,15^\circ) - 1305,92 \cdot 0 \cdot \cos(27,15^\circ) \\ &= 3312,08 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$x = 3,9 \text{ m}$$

$$D_{Cka} = 3722,21 \cdot \cos(27,15^\circ) - 1305,92 \cdot 3,9 \cdot \cos(27,15^\circ)$$

$$= -1219,81 \text{ kg}$$

- Titik B-C

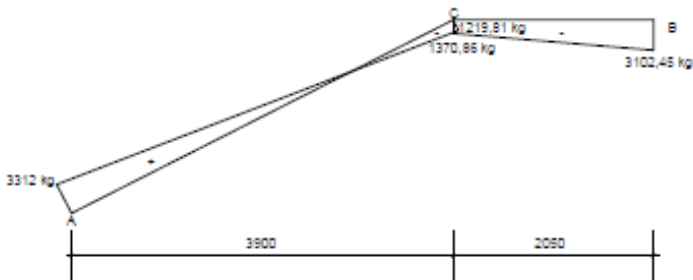
$$\begin{aligned} D_x &= -R_B + qU_2 \cdot x \\ &= -3102,45 + 844,67 \cdot x \end{aligned}$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{Bki} &= -3102,45 + 844,67 \cdot 0 \\ &= -3102,45 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$x = 2,05 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{Cki} &= -3102,45 + 844,67 \cdot 2,05 \\ &= -1370,86 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 4.18 Bidang D Balok Utama Tangga

Bidang N

- Titik A-C

$$\begin{aligned} N_x &= R_A \cdot \sin(27,15^\circ) - qU_1 \cdot x \cdot \sin(27,15^\circ) \\ &= 3722,21 \cdot \sin(27,15^\circ) - 1305,92 \cdot x \cdot \sin(27,15^\circ) \end{aligned}$$

$$x = 0 \text{ m}$$

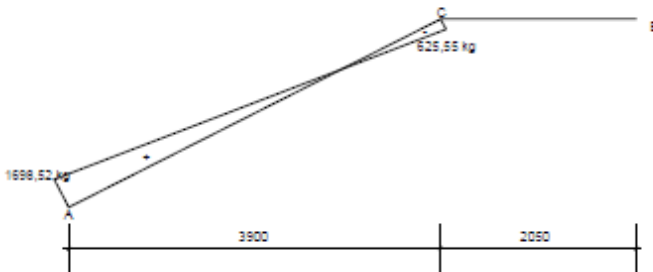
$$\begin{aligned} N_{Aka} &= 3722,21 \cdot \sin(27,15^\circ) - 1305,92 \cdot 0 \cdot \sin(27,15^\circ) \\ &= 1698,52 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$x = 3,9 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} N_{Cka} &= 3722,21 \cdot \sin(27,15^\circ) - 1305,92 \cdot 3,9 \cdot \sin(27,15^\circ) \\ &= -625,55 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Titik C-B

$$N = 0 \text{ kg}$$



Gambar 4.19 Bidang N Balok Utama Tangga

d. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{124}{2 \times 8} = 7,75$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda < \lambda_{pf} \rightarrow 7,75 < 10,75 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{208}{12} = 41,6$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow 41,6 < 106,35 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 305 = 762500 \text{ kg.cm} \\ &= 7625 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 7625$$

$$= 6862,5 \text{ kg.m} > M_u = 5304,65 \text{ kg.m} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol terhadap tekuk lateral
 Jarak pengaku lateral (L_b) = 20 cm
 $L_p = 138,887$ cm
 $L_r = 404,55$ cm
 $L_b < L_p < L_r \rightarrow$ Bentang pendek
 Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 305 = 762500$ kg.cm
 $= 7625$ kg.m
 Cek kemampuan penampang
 $\phi_b \cdot M_n \geq M_u$
 $\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 7625$
 $= 6862,5$ kg.m $> M_u = 5304,65$ kg.m ... OK !

- e. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser
 Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk badan yang tidak diperkuat atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

Nilai C_v dihitung dengan harga $K_v = 5$ untuk badan tanpa pengaku transversal dan $h/t_w < 260$, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{h}{t_w} = 41,6 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} = 41,6 < 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

Sehingga didapatkan nilai $C_v = 1,0$, maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \\ &= 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot (24,8 \times 0,5) \cdot 1 \\ &= 16740 \text{ kg} > 3312,1 \text{ kg} \rightarrow \text{OK !} \end{aligned}$$

f. Kontrol lendutan

- Batang A-C

$$L = \sqrt{390^2 + 200^2} = 438,29 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{438,29}{360} = 1,22 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^o &= \frac{5.L^2}{384.E.I_x} \times (M_{maks} - 0,1 \times (M_A + M_C)) \\ &= \frac{5.438,29^2}{384.2.10^6.3540} \times (530465 - 0,1 \times (0 + 458514)) \\ &= 0,17 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,17 \text{ cm} < 1,22 \text{ cm} \rightarrow \text{OK !}$$

- Batang B-C

$$L = 205 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{205}{360} = 0,57 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^o &= \frac{5.L^2}{384.E.I_x} \times (M_{maks} - 0,1 \times (M_B + M_C)) \\ &= \frac{5.205^2}{384.2.10^6.3540} \times (530465 - 0,1 \times (0 + 458514)) \\ &= 0,0375 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,0375 \text{ cm} < 0,57 \text{ cm} \rightarrow \text{OK !}$$

4.2.4.5 Perencanaan Balok Penumpu Tangga

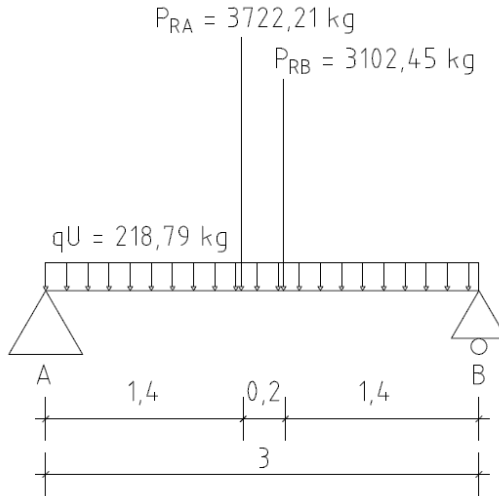
Balok penumpu tangga direncanakan menggunakan profil WF 250 x 125 x 5 x 8 dengan data-data sebagai berikut :

W	= 25,7 kg/m	r	= 12 mm	h	= 248-2(5+12)
A	= 32,68 cm ²	Z _x	= 305 cm ³		= 208 mm
t _w	= 8 mm	i _y	= 2,79 cm	bf	= 124 mm
t _f	= 5 mm	I _x	= 3540 cm ⁴	f _y	= 250 MPa
d	= 248 mm	I _y	= 255 cm ⁴	f _u	= 410 MPa

a. Perencanaan pembebanan balok penumpu tangga

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi (R_A dan R_B) yang bekerja pada balok utama tangga. Gaya reaksi tersebut akan menjadi beban terpusat P yang menumpu pada balok penumpu tangga.

Pada balok penumpu tangga juga bekerja beban merata yang berasal dari dinding setengah dari tinggi lantai dan berat profil. Sketsa pembebanan balok penumpu tangga bisa dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.20 Sketsa Pembebanan Balok Penumpu Tangga

$$P_{RA} = 3722,21 \text{ kg}$$

$$P_{RB} = 3102,45 \text{ kg}$$

Beban merata (q)

$$\text{Berat profil} = 41,4 \text{ kg/m}$$

Berat dinding CITICON ($t = 0,175$)

$$(600 \times 1 \times 4 \times 0,175)/2 = 157,5 \text{ kg/m}$$

$$= 198,9 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan (10\%)} = 19,89 \text{ kg/m}$$

$$= 218,79 \text{ kg/m}$$

b. Perhitungan gaya dalam

$$\sum M_A = 0$$

$$3R_B = P_{RA} \cdot 1,4 + P_{RB} \cdot 1,6 + qU \cdot 3 \cdot 1,5$$

$$R_B = \frac{3722,21 \cdot 1,4 + 3102,45 \cdot 1,6 + 218,79 \cdot 3 \cdot 1,5}{3}$$

$$= 3719,853 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \sum M_B &= 0 \\
 3R_A &= P_{RA} \cdot 1,6 + P_{RB} \cdot 1,4 + qU \cdot 3 \cdot 1,5 \\
 R_A &= \frac{3722,21 \cdot 1,6 + 3102,45 \cdot 1,4 + 218,79 \cdot 3 \cdot 1,5}{3} \\
 &= 3761,171 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{124}{2 \times 8} = 7,75$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda < \lambda_{pf} \rightarrow 7,75 < 10,75 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{208}{8} = 41,6$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow 41,6 < 106,35 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}
 M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 305 = 762500 \text{ kg.cm} \\
 &= 7625 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned}
 \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \cdot 7625 \\
 &= 6862,5 \text{ kg.m} > M_u = 5051,2 \text{ kg.m} \dots \text{OK !}
 \end{aligned}$$

- Kontrol terhadap tekuk lateral

Jarak pengaku lateral (L_b) = 125 cm

$$L_p = 138,887 \text{ cm}$$

$$L_r = 404,550 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p < L_r \rightarrow \text{Bentang pendek}$$

Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 689 = 762500 \text{ kg.cm}$$

$$= 7625 \text{ kg.m}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 7625$$

$$= 6862,5 \text{ kg.m} > M_u = 5051,2 \text{ kg.m} \dots \text{OK !}$$

d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk badan yang tidak diperkuat atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

Nilai C_v dihitung dengan harga $K_v = 5$ untuk badan tanpa pengaku transversal dan $h/t_w < 260$, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{h}{t_w} = 41,6 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} = 41,6 < 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

Sehingga didapatkan nilai $C_v = 1,0$, maka perhitungan kontrol gesernya sebagai berikut :

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$= 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot (34,6 \times 0,6) \cdot 1$$

$$= 16740 \text{ kg} > 3761,2 \text{ kg} \rightarrow \text{OK !}$$

e. Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{300}{360} = 0,83 \text{ cm}$$

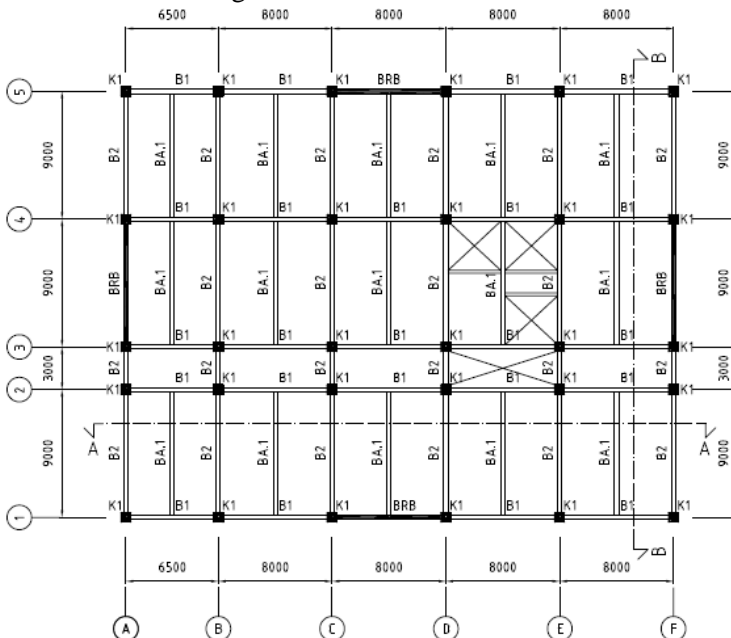
$$f^o = \frac{5 \cdot (qD + qL) \cdot L^2}{384 \cdot E \cdot I_x} + \frac{P \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I_x}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{5.2,19.300^2}{384.2.10^6.3540} + \frac{(3722,21+3102,45).300^2}{48.2.10^6.3540} \\
 &= 0,0344 \text{ cm} \\
 f^o < f_{ijin} &\rightarrow 0,0344 \text{ cm} < 0,83 \text{ cm} \rightarrow \text{OK !}
 \end{aligned}$$

4.3 Permodelan Struktur

4.3.1 Penjelasan Umum

Permodelan struktur pada Tugas Akhir ini menggunakan sistem struktur *Buckling Restrained Braced Frames* (BRBF) yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat gempa. Struktur yang direncanakan adalah bangunan hotel yang terdiri dari 15 lantai hotel dan 1 *basement* dengan total tinggi struktur 51,6 meter. Denah dari struktur yang ada dalam permodelan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

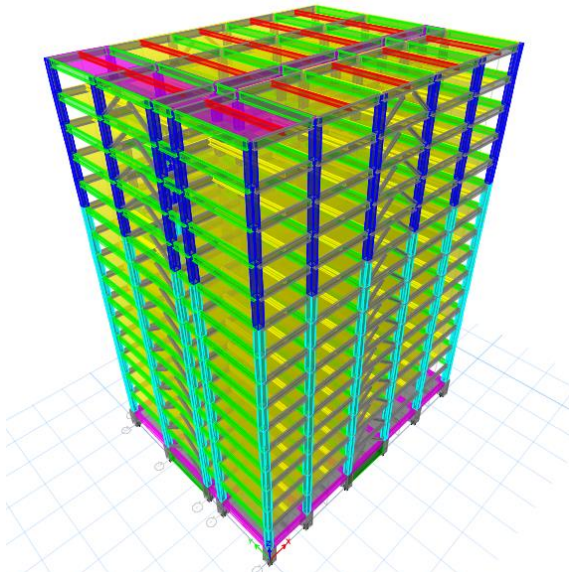


Gambar 4.21 Denah Modifikasi Struktur Hotel Swiss-Bellin Surabaya

Pada Gambar 4.21 arah vertikal mengikuti arah sumbu Y global (sumbu model) dan sumbu X adalah arah horisontal gambar. Analisis yang dilakukan pada struktur Hotel Swiss-Bellin Surabaya ini tanpa menggunakan dilatasi. Bentuk struktur yang tidak simetris akan memungkinkan struktur tersebut memiliki respon yang tidak beraturan. Ketidakberaturan respon tentunya dapat menimbulkan torsi pada elemen struktur. Hal ini bisa dikurangi dengan mengatur penempatan bresing BRBF tipe *inverted-V* yang dipasang di tepi bangunan tersebut sebagai penahan beban lateral.

Permodelan struktur Hotel Swiss-Bellin Surabaya dilakukan menggunakan program bantu ETABS 2016. Pada program ETABS 2016, struktur model akan dimodelkan sesuai dengan data perencanaan yang telah dimodifikasi sehingga dapat dijadikan acuan perencanaan struktur primer, sambungan, dan struktur bawah pada bab selanjutnya. Permodelan struktur menggunakan program bantu ETABS 2016 juga harus memperhatikan dan memenuhi persyaratan seperti SNI 1729:2015 dan SNI 1726:2012.

Berikut adalah permodelan yang dilakukan dalam program bantu ETABS 2016 pada struktur gedung Hotel Swiss-Bellin Surabaya yang sudah dimodifikasi :



Gambar 4.22 Permodelan Struktur Gedung Hotel Swiss-Bellin Surabaya dengan Program Bantu ETABS 2016

4.3.2 Pembebanan Struktur Utama

Pembebanan struktur didasarkan pada acuan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983) dengan penjelasan sebagai berikut :

1. Beban Mati (Dead Load)

Beban mati adalah seluruh bagian bangunan yang bersifat tetap dan tidak terpisahkan dari bangunan selama masa layannya. Beban mati yang dihitung pada struktur ini antara lain:

- Berat beton bertulang yang memiliki berat jenis 2400 kg/m^3
- Berat pelat bondek $10,1 \text{ kg/m}^2$
- Berat profil baja yang terpasang sebagai rangka baja berupa balok, kolom, tangga, bresing dan lain-lain memiliki berat jenis 7850 kg/m^3

- Berat dinding bata ringan sebesar 100 kg/m^2
- Berat spesi sebesar 21 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm
- Berat keramik sebesar 24 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm
- Berat *ducting* dan *plumbing* sebesar 25 kg/m^2
- Berat plafon dan penggantung sebesar 18 kg/m^2
- Beban *lift* merupakan beban terpusat pada balok lantai teratas, dengan besar beban *lift* terlampir

Pembebanan beban mati pada struktur Hotel Swiss-Bellin adalah sebagai berikut:

a. Pelat atap

Berat pelat bondek	= $10,1 \text{ kg/m}^2$
Berat beton $0,12 \times 2400$	= 288 kg/m^2
Berat spesi (1 cm) 1×21	= 21 kg/m^2
Berat aspal (2 cm) 2×14	= 28 kg/m^2
Berat rangka dan plafon	= 18 kg/m^2
Berat <i>ducting</i> dan <i>plumbing</i>	= 25 kg/m^2
	= $390,1 \text{ kg/m}^2$

b. Pelat lantai apartemen

Berat pelat bondek	= $10,1 \text{ kg/m}^2$
Berat beton $0,12 \times 2400$	= 288 kg/m^2
Berat spesi (2 cm) 2×21	= 42 kg/m^2
Berat keramik (1 cm) 1×24	= 24 kg/m^2
Berat rangka dan plafon	= 18 kg/m^2
Berat <i>ducting</i> dan <i>plumbing</i>	= 25 kg/m^2
	= 407 kg/m^2

2. Beban Hidup (Live Load)

Beban hidup adalah beban yang bertumpu pada bangunan yang memiliki kemungkinan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup sudah termasuk perlengkapan ruangan dan dinding pemisah ringan (dinding partisi) yang beratnya tidak melebihi 100 kg/m^2 . Beban hidup yang bekerja pada perkantoran dan mall ini adalah sebagai berikut:

- Lantai atap = 97.89 kg/m^2
- Lantai hotel = 195.78 kg/m^2

3. Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik. Untuk parameter gempa yang digunakan diambil dari Spectra Indonesia yaitu pada *website* puskim.pu.go.id dan SNI 1726:2012.

4. Data Tanah

Salah satu persyaratan sebelum membangun sebuah bangunan adalah mengetahui jenis tanah di lokasi dimana akan didirikan bangunan. Salah satu cara mengetahui jenis tanah lokasi adalah dengan tes penetrasi tanah (SPT). Berikut perhitungan N rata-rata untuk menentukan jenis tanah:

$\tilde{N} \geq 50$ = Tanah Keras

$15 \leq \tilde{N} < 50$ = Tanah Sedang

$\tilde{N} < 15$ = Tanah Lunak

Tabel 4.4 Tabel Perhitungan N Rata-Rata

Keterangan	Tebal (m)	Kedalaman (m)	N	Tebal/ N
Lapisan 1	0	0	0	0,000
Lapisan 2	2	2	12	0,167
Lapisan 3	2	4	12	0,167
Lapisan 4	2	6	10	0,200
Lapisan 5	2	8	16	0,125
Lapisan 6	2	10	26	0,077
Lapisan 7	2	12	21	0,095
Lapisan 8	2	14	23	0,087
Lapisan 9	2	16	24	0,083
Lapisan 10	2	18	30	0,067
Lapisan 11	2	20	25	0,080
Lapisan 12	2	22	36	0,056

Lapisan 13	2	24	30	0,067
Lapisan 14	2	26	24	0,083
Lapisan 15	2	28	41	0,049
Lapisan 16	2	30	38	0,053
Total		30		1,454

$$\tilde{N} = \frac{30}{1,454} = 20,627 \rightarrow 15 < \tilde{N} < 50$$

Dari perhitungan nilai \tilde{N} rata-rata di atas diperoleh jenis tanah kategori tanah sedang (Kelas Situs D).

4.3.2.1 Berat Total Bangunan

Karena besarnya beban gempa sangat dipengaruhi oleh berat dari struktur bangunan, maka perlu diketahui berat total bangunan untuk menentukan gaya geser statik. Berat dari bangunan berasal dari beban mati yang terdiri dari berat sendiri material-material bangunan dan elemen-elemen struktur, serta beban hidup yang diakibatkan oleh hunian atau penggunaan bangunan.

Pada perencanaan Tugas Akhir ini akan dilakukan perbandingan perhitungan berat struktur yang diambil dari analisis menggunakan program ETABS 2016 untuk kombinasi 1D +1L dan perhitungan berat secara manual. Hasil perbandingan tersebut tidak boleh melebihi batasan 5%. Hasil perhitungan beban mati dan beban hidup secara manual tersaji pada Tabel 4.5 sampai dengan Tabel 4.10 :

Tabel 4.5 Perhitungan Beban Mati Lantai

Keterangan	Beban (kg/m ²)	Luas (m ²)	Jumlah Lantai	Total (kg)
Pelat Atap	390,1	1155	1	450565,5
Pelat Lantai 1	407	1086,6	1	442246,2
Pelat Lantai Mezzanine	407	825,6	1	336019,2

Pelat Lantai 2	407	1041,6	1	423931,2
Pelat Lantai 3-9	407	1086,6	7	3095723,4
Pelat Lantai 10-13	407	956,1	4	1556530,8
Pelat Lantai 14	407	1086,6	1	442246,2
Total				6747262,5

Tabel 4.6 Perhitungan Berat Bresing BRB

Keterangan	Beban (kg/m ³)	Luas (m ²)	p (m)	Jumlah	Total (kg)
BRB Arah X	2400	0,0101	10,37	24	6033,50
BRB Arah X	7850	0,0042	10,37	24	8206,45
BRB Arah X	2400	0,375	11,31	6	61094,03
BRB Arah X	7850	0,0101	11,31	6	5382,04
BRB Arah Y	2400	0,0101	11,16	24	6492,82
BRB Arah Y	7850	0,0042	11,16	24	8831,20
BRB Arah Y	2400	0,0101	12,04	6	1751,33
BRB Arah Y	7850	0,0042	12,04	6	2382,07
Total					100173,43

Tabel 4.7 Perhitungan Beban Mati Balok Baja

Keterangan	Beban (kg/m)	P (m)	Jumlah	Total (kg)
BI Arah X WF 700 x 300 x 13 x 24	185	154	15	427350
BI Arah Y WF 700 x 300 x 13 x 24	185	180	15	492840

BA Lantai 9 m WF 400 x 300 x 10 x 15	106	135	14	189846
BA Atap 9 m WF 400 x 300 x 10 x 15	106	135	1	14310
B LIFT WF 400 x 200 x 7 x 11	56,6	20	14	15848
Total				1140194

Tabel 4.8 Perhitungan Beban Mati Balok Beton

Keterangan	Beban (kg/m ³)	Luas (m ²)	p (m)	Jumlah	Total (kg)
BI Lantai 1 Arah X 50/75	2400	0,375	6,5	5	29250
BI Lantai 1 Arah X 50/75	2400	0,375	8	20	144000
BI Lantai 1 Arah Y 50/75	2400	0,375	9	18	145800
BI Lantai 1 Arah Y 50/75	2400	0,375	3	6	16200
BA Lantai 1 40/55	2400	0,22	9	18	85536
Total					420786

Tabel 4.9 Perhitungan Beban Mati Kolom

Keterangan	Beban (kg/m ³)	Luas (m ²)	t (m)	Jumlah	Total (kg)
K1.C t = 3,1 m	2400	1	3,1	30	223200
K2 t = 4 m	2400	0,3577	4	90	309052,8
K2 t = 4 m	7850	0,1323	4	90	373879,8
K2 t = 3,3 m	2400	0,3577	3,3	210	594926,64
K2 t = 3,3 m	7850	0,1323	3,3	210	719718,61

K3 t = 3,3 m	2400	0,3043	3,3	150	361508,4
K3 t = 3,3 m	7850	0,1182	3,3	150	459295,65
Total					3041581,9

Dari Tabel 4.5 sampai 4.9 didapatkan total beban mati melalui perhitungan manual sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{d\text{Total}} &= 6747262,5 + 100173,43 + 1140194 + 420786 + 3041581,9 \\
 &= 11449997,84 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.10 Perhitungan Beban Hidup

Keterangan	Beban (kg/m ²)	Luas	Jumlah Lantai	Total (kg)
Pelat Atap	97,89	1155	1	113062,95
Pelat Lantai 1	195,78	1086,6	1	212734,55
Pelat Lantai Mezzanine	195,78	810,6	1	158699,27
Pelat Lantai 2	195,78	1026,6	1	200987,75
Pelat Lantai 3-9	195,78	1086,6	7	1489141,8
Pelat Lantai 10-13	195,78	912,6	4	714675,31
Pelat Lantai 14	195,78	1086,6	1	212734,55
Total				3102036,2

Total beban struktur melalui perhitungan manual adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{total}} &= P_{d\text{total}} (\text{Beban Mati}) + P_{l\text{total}} (\text{Beban Hidup}) \\
 &= 11449997,84 + 3102036,21 = 14591973,17 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Pembebanan yang diinputkan pada ETABS haruslah mendekati yang telah dihitung secara manual sehingga

pembebanan pada ETABS dapat dikatakan benar. Berikut adalah pembebanan gravitasi (1D + 1L) yang didapatkan dari ETABS :

Tabel 4.11 Beban Output Total (1D+1L) ETABS 2016

TABLE: Base Reactions			
Load Case/Combo	FX	FY	FZ
	kgf	kgf	kgf
1D + 1L	0	0	14256932,22

Hasil beban mati dan hidup (1D + 1L) dari ETABS 2016 adalah 13722409 kg, selisih antara perhitungan manual dengan hasil output dari ETABS 2016 adalah sebagai berikut :

$$14591973,17 \text{ kg} - 14256932,22 \text{ kg} = 335040,9491 \text{ kg}$$

$$(335040,95 / 14256932,22) \times 100\% = 2,35\% < 5\% \dots (\text{OK})$$

Permodelan struktur dapat diterima (OK).

4.3.3 Pembebanan Gempa Dinamis

Perencanaan struktur Hotel Swiss-Bellin Surabaya ini terdiri dari 15 tingkat yang memiliki ketinggian 51,6 m. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamis sesuai SNI 1726:2012. Analisis dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

4.3.3.1 Arah Pembebanan

Arah pembebanan gempa dalam kenyataannya adalah bebas, sehingga pada umumnya selalu terdapat 2 komponen beban gempa dalam arah masing-masing sumbu koordinat ortogonal yang bekerja bersamaan pada struktur gedung. Kondisi ini disimulasikan dengan meninjau pembebanan gempa dalam suatu arah sumbu koordinat yang ditinjau 100% yang bekerja bersamaan dengan pembebanan gempa dalam arah tegak lurus dengan peninjauan sebesar 30%.

4.3.3.2 Parameter Respon Spektrum Rencana

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, ada beberapa metode perhitungan pengaruh gempa, satu di antaranya adalah respons spectrum. Gempa merupakan getaran yang memiliki parameter-parameter sebuah getaran, seperti frekuensi, periode, spectrum, dan parameter lainnya. Dalam hal ini informasi respons spectrum merupakan fungsi spektra percepatan gempa (S) terhadap rentang waktu selama periode gempa berlangsung (T). Perhitungan gaya gempa menggunakan analisis dinamik sesuai persyaratan SNI 1726:2012. Berikut adalah nilai parameter respon spektrum untuk wilayah Surabaya dengan kondisi tanah sedang (kelas situs D).

Tabel 4.12 Parameter Respon Gempa Wilayah Surabaya untuk Kelas Situs D

Variabel	Nilai
PGA (g)	0,325
S_s (g)	0,663
S_1 (g)	0,247
C_{RS}	0,991
C_{R1}	0,929
F_{PGA}	1,175
F_A	1,27
F_V	1,906
PSA (g)	0,382
S_{MS} (g)	0,842
S_{M1} (g)	0,471
S_{DS} (g)	0,561
S_{D1} (g)	0,314
T_o (detik)	0,112
T_s (detik)	0,56

4.3.3.3 Faktor Reduksi Gempa

Pada Tugas Akhir ini gedung menggunakan rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk. Berdasarkan Tabel 9 SNI 1726:2012 diperoleh nilai faktor reduksi gempa (R) sebagai berikut :

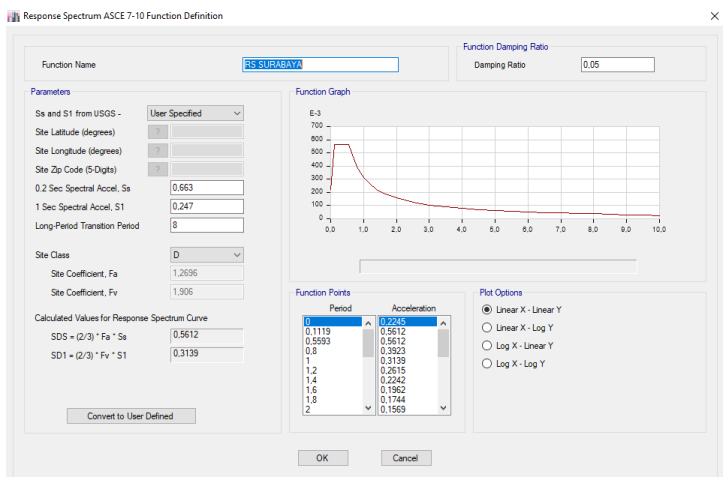
Tabel 4.13 Faktor R^a , C_d^b , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem Rangka Bangunan	R^a	Ω_0	C_d^b	B	C	D	E	F
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB

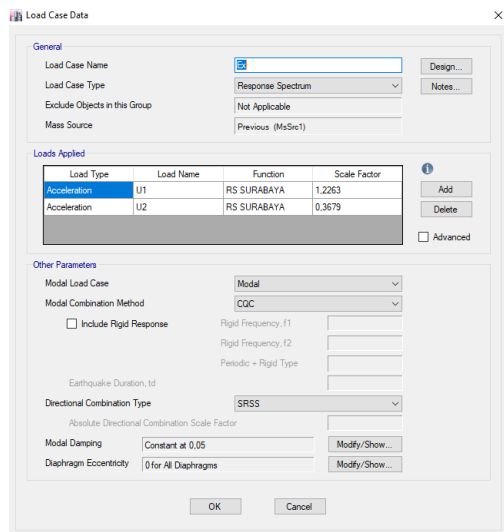
4.3.3.4 Faktor Keutamaan (I)

Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana harus dikalikan dengan suatu faktor keamanan (I_e). Gedung ini direncanakan sebagai bangunan hotel. Pada Tabel 1 SNI 1726:2012, bangunan ini termasuk kategori II sehingga didapat nilai $I = 1$.

Dalam input beban gempa dinamis dalam ETABS 2016 dengan menggunakan fungsi *respon spectrum* yang dapat dilihat pada Gambar 4.23 dan input *load cases* pembebanan gempa dengan meninjau faktor reduksi gempa, faktor keutamaan, dan arah pembebanan yang dikalikan dengan faktor skala.



Gambar 4.23 Fungsi Respon Spektrum Tanah Situs D Surabaya



Gambar 4.24 Load Case Gempa Dinamis Arah X

Load Case Data

General

Load Case Name: Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (Mas1)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	RS SURABAYA	1.2263
Acceleration	U1	RS SURABAYA	0.3679

Add Delete

☐ Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

☐ Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms Modify/Show...

OK Cancel

Gambar 4.25 *Load Case* Gempa Dinamis Arah Y

4.3.3.5 Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismik yang digunakan untuk perencanaan struktur tahan gempa ini adalah sistem rangka bangunan dengan rangka bangunan dengan sistem struktur BRBF. Dengan S_{DS} sebesar 0,561, S_{D1} sebesar 0,314, kategori resiko II, maka menurut Tabel 6 dan Tabel 7 SNI 1726:2012 yang dapat dilihat pada Tabel 4.14 dan Tabel 4.15 kategori desain seismik dari struktur gedung termasuk kategori desain seismik D.

Tabel 4.14 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 4.15 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda 1 Detik

Nilai S_{DI}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DI} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{DI} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DI} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DI}$	D	D

4.3.4 Kombinasi Pembebanan

Setelah memperhitungkan beban akibat gempa dan gravitasi, maka seluruh beban tersebut dihitung dengan faktor kombinasi yang mengacu pada SNI 1726:2012 sebagai berikut::

- 1,4 DL
- 1,2 DL + 1,6 LL + 0,5 (Lr atau R)
- 1,2 DL + 1,6 (Lr atau R) + (L atau 0,5W)
- 1,2 D + 1,0W + L + 0,5 (Lr atau R)
- 1,2 D + 1,0 E + 1/0,5 LL
- 0,9 D + 1,0 W
- 0,9 D + 1,0 E

Keterangan :

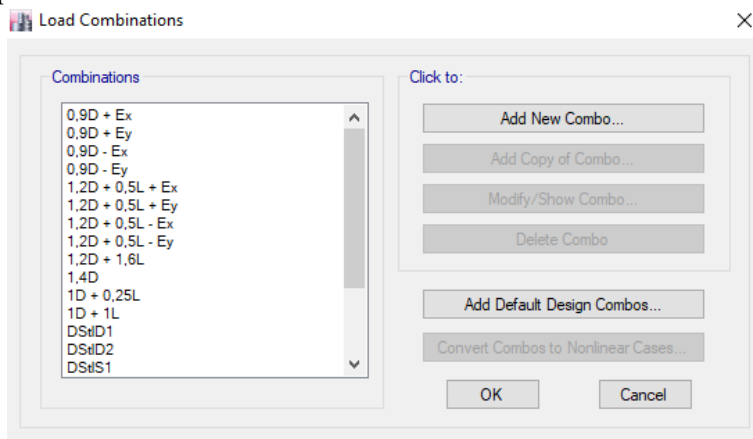
DL : Beban mati

LL : Beban hidup

E : Beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

Perencanaan struktur yang akan dianalisa pada bagian elemen struktur baja maupun komposit tidak diperkenankan mengalami plastis saat terjadi gempa kuat didasarkan pada nilai gaya maksimum yang terjadi pada elemen-elemen struktur tersebut setelah melalui analisis pembebanan gempa dengan koefisien beban gempa sebesar 1 dan beban hidup dapat direduksi menjadi 0,5 kali.

Dalam input kombinasi pembebanan dalam ETABS 2016 dengan menggunakan *Define* → *Load Combination* dapat dilihat pada Gambar 4.26.



Gambar 4.26 Kombinasi Pembebanan pada ETABS 2016

4.3.5 Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu ETABS 2016, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- Kontrol partisipasi massa.
- Kontrol periode getar struktur.
- Kontrol nilai akhir respon spektrum.
- Kontrol batas simpangan (*drift*)
- Kontrol ketidakberaturan torsi
- Kontrol sistem ganda

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

4.3.5.1 Kontrol Partisipasi Massa

Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikiannya agar partisipasi massa terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa asli dari masing-masing arah. Karenanya digunakan program bantu ETABS 2016 untuk mengeluarkan partisipasi massa seperti pada Tabel 4.14 berikut ini :

Tabel 4.16 Rasio Partisipasi Massa ETABS 2016

Case	Mode	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0,7449	1,13E-05
Modal	2	0,7449	0,7401
Modal	3	0,7452	0,7423
Modal	4	0,8379	0,7423
Modal	5	0,8379	0,8374
Modal	6	0,8379	0,8374
Modal	7	0,8673	0,8374
Modal	8	0,8673	0,8672
Modal	9	0,8673	0,8672
Modal	10	0,8855	0,8673
Modal	11	0,8856	0,8851
Modal	12	0,8856	0,8851
Modal	13	0,8864	0,9
Modal	14	0,9014	0,9006
Modal	15	0,9017	0,9015
Modal	16	0,9021	0,9137
Modal	17	0,9151	0,914
Modal	18	0,9152	0,9237
Modal	19	0,9171	0,9249
Modal	20	0,9265	0,925

Dari Tabel 4.16 didapat partisipasi massa untuk arah X sebesar 90,69% pada modal ke-17 dan partisipasi massa arah Y sebesar 90,05% pada modal ke-15. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

4.3.5.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 1726:2012, periode alami fundamental (T_a) dalam detik harus ditentukan dengan persamaan berikut :

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

(nilai C_t dan x diambil dari Tabel 15 SNI 1726:2012)

Nilai T_a di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atas nya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai S_{D1} .

Struktur Hotel Swiss-Bellin memiliki tinggi 51,6 m. Pada struktur ini digunakan sistem rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk sehingga pada Tabel 15 SNI 1726:2012 didapatkan nilai :

$$C_t = 0,0731$$

$$x = 0,75$$

$$h_n = 51,6 \text{ m}$$

$$T_a = 0,0731 \cdot 51,6^{0,75} = 1,407 \text{ s}$$

Dengan nilai $S_{D1} = 0,314$, maka $C_u = 1,4$

Sehingga periode struktur yang diijinkan adalah :

$$T = T_a \cdot C_u = 1,407 \cdot 1,4 = 1,97 \text{ s}$$

Tabel 4.17 Periode dan Frekuensi Struktur

Case	Mode	Period	Frequency
		sec	cyc/sec
Modal	1	1,3	0,769
Modal	2	1,264	0,791
Modal	3	0,97	1,031
Modal	4	0,418	2,391
Modal	5	0,41	2,439
Modal	6	0,316	3,169
Modal	7	0,226	4,426
Modal	8	0,222	4,5
Modal	9	0,173	5,791
Modal	10	0,15	6,647
Modal	11	0,15	6,689
Modal	12	0,117	8,533
Modal	13	0,111	9,01
Modal	14	0,111	9,031
Modal	15	0,088	11,36
Modal	16	0,087	11,55
Modal	17	0,086	11,664
Modal	18	0,07	14,244
Modal	19	0,069	14,441
Modal	20	0,068	14,599

Dari Tabel 4.15 didapatkan $T_c = 1,3$ s. Berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental, nilai T_c masih lebih kecil dari T . Jadi analisis struktur Hotel Swiss-Bellin masih memenuhi syarat SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2.

4.3.5.3 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Jika kombinasi respons untuk gaya geser dasar ragam dinamik (V_t) lebih kecil 85% dari gaya geser static (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya gempa harus dikalikan dengan $0,85V/V_t$ (SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1)

Rumus geser statik adalah :

$$V = C_s \cdot W \quad (\text{SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1})$$

Menghitung nilai C_s :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I} = \frac{0,561}{8/1} = 0,0701$$

Nilai tidak boleh lebih dari :

$$C_{s \max} = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,314}{1,97 \cdot \frac{8}{1}} = 0,0199$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} C_{s \min} &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e > 0,01 \\ &= 0,044 \cdot 0,561 \cdot 1 \\ &= 0,02469 \end{aligned}$$

$C_s > C_{s \max}$ maka digunakan nilai $C_{s \max} = 0,0199$

Maka nilai yang digunakan adalah $C_s = 0,0199$

Dari analisa struktur yang sudah dilakukan, diperoleh berat total struktur Hotel Swiss-Bellin adalah sebagai berikut :

Tabel 4.18 Reaksi Dasar Struktur Program ETABS 2016

Load Case/Combo	FX	FY	FZ
	kgf	kgf	kgf
1D + 0,25L	0	0	11820880,84

Dari tabel di atas didapat berat toal struktur (W) adalah 11311907 kg, maka :

$$\begin{aligned} V_{\text{statik}} &= C_s \cdot W \\ &= 0,0199 \cdot 11820880,84 \\ &= 235372,5184 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil analisa menggunakan program ETABS 2016 didapatkan nilai gaya geser dasar (*base shear*) akibat beban gempa adalah sebagai berikut:

Tabel 4.19 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa X dan Y

Load Case/Combo	FX	FY
	kgf	kgf
Ex Max	235079,14	71865,7
Ey Max	70372,71	240066,76

Kontrol nilai akhir respons spektrum

- Gempa Arah X
 - $V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 V_{\text{statik}}$
 - 235079,14 kg > 0,85 . 235372,5184 kg
 - 235079,14 kg > 188298,0147 kg ... (OK)
- Gempa Arah Y
 - $V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 V_{\text{statik}}$
 - 240066,76 kg > 0,85 . 235372,5184 kg
 - 240066,76 kg > 188298,0147 kg ... (OK)

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa analisis struktur Hotel Swiss-Bellin masih memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.

4.3.5.4 Kontrol Simpangan antar Lantai (*Drift*)

Perhitungan simpangan antar lantai (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi di dasar

tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya.

Nilai Δs dihitung sebagai selisih terbesar dari defleksi titik di atas dan di bawah tingkat yang letaknya segaris secara vertikal. Defleksi pusat massa di tingkat x (δx) ditentukan dengan persamaan berikut :

$$\delta x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \leq \Delta a$$

dimana :

δ_{xe} = defleksi pada lantai ke- x yang ditentukan dengan analisis elastis

C_d = faktor pembesaran defleksi (x)

I_e = faktor keutamaan gedung (x)

$$\Delta a = 0,020 h_{sx}$$

Batas nilai simpangan yang diijinkan menurut SNI 1726:2012 adalah :

- Tinggi tingkat 3,3 m

$$\begin{aligned} \Delta a &= 0,020 \cdot 3,3 \\ &= 0,066 \text{ m} \\ &= 66 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tinggi tingkat 4 m

$$\begin{aligned} \Delta a &= 0,020 \cdot 4 \\ &= 0,08 \text{ m} \\ &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dari hasil analisis dengan program ETABS 2016, diperoleh nilai simpangan (*drift*) yang terjadi pada struktur dapat dilihat pada Tabel 4.20

Tabel 4.20 Simpangan antar Lantai yang Terjadi Akibat Beban Gempa Arah X dan Y

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah X		Gempa Arah Y	
	Zi	Simpangan		Simpangan	
	(m)	X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)
Atap	51,6	17,296	5,24	5,063	17,42
14	48,3	16,875	5,104	4,943	16,969
13	45	16,318	4,928	4,782	16,389
12	41,7	15,633	4,715	4,584	15,682
11	38,4	14,833	4,467	4,353	14,858
10	35,1	13,924	4,186	4,089	13,923
9	31,8	12,934	3,881	3,801	12,907
8	28,5	11,856	3,55	3,486	11,809
7	25,2	10,695	3,196	3,145	10,633
6	21,9	9,456	2,821	2,782	9,386
5	18,6	8,148	2,426	2,398	8,074
4	15,3	6,771	2,014	1,995	6,701
3	12	5,303	1,578	1,564	5,249
2	8	3,366	1,005	0,994	3,34
Mez	4	1,5	0,445	0,441	1,472
1	0	0	0	0	0

Tabel 4.21 Kontrol Simpangan Arah X Akibat Gempa X

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah X				Kontrol
	Zi	Simpangan Arah X				
	(m)	δe(i) (mm)	δe(i) - δe(i-1) (mm)	Δ (mm)	Δa (mm)	
Atap	51,6	17,296	0,421	2,105	66	OK
14	48,3	16,875	0,557	2,785	66	OK
13	45	16,318	0,685	3,425	66	OK
12	41,7	15,633	0,8	4	66	OK
11	38,4	14,833	0,909	4,545	66	OK
10	35,1	13,924	0,99	4,95	66	OK
9	31,8	12,934	1,078	5,39	66	OK
8	28,5	11,856	1,161	5,805	66	OK
7	25,2	10,695	1,239	6,195	66	OK
6	21,9	9,456	1,308	6,54	66	OK
5	18,6	8,148	1,377	6,885	66	OK
4	15,3	6,771	1,468	7,34	66	OK
3	12	5,303	1,937	9,685	80	OK
2	8	3,366	1,866	9,33	80	OK
Mez	4	1,5	1,5	7,5	80	OK
1	0	0	0	0	80	OK

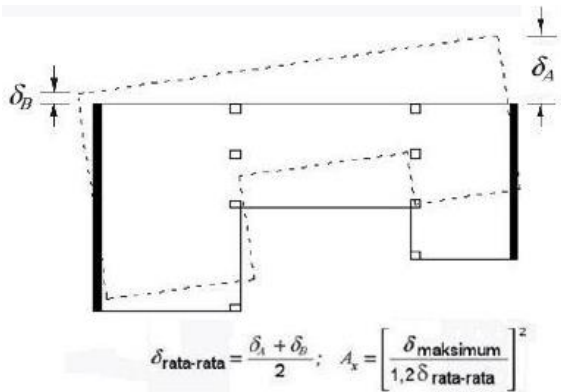
Tabel 4.22 Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Gempa Y

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah Y				Kontrol
	Zi	Simpangan Arah Y				
	(m)	δe(i) (mm)	δe(i) - δe(i-1) (mm)	Δ (mm)	Δa (mm)	
Atap	51,6	17,42	0,451	2,255	66	OK
14	48,3	16,969	0,58	2,9	66	OK
13	45	16,389	0,707	3,535	66	OK
12	41,7	15,682	0,824	4,12	66	OK
11	38,4	14,858	0,935	4,675	66	OK
10	35,1	13,923	1,016	5,08	66	OK
9	31,8	12,907	1,098	5,49	66	OK
8	28,5	11,809	1,176	5,88	66	OK
7	25,2	10,633	1,247	6,235	66	OK
6	21,9	9,386	1,312	6,56	66	OK
5	18,6	8,074	1,373	6,865	66	OK
4	15,3	6,701	1,452	7,26	66	OK
3	12	5,249	1,909	9,545	80	OK
2	8	3,34	1,868	9,34	80	OK
Mez	4	1,472	1,472	7,36	80	OK
1	0	0	0	0	80	OK

Maka dari hasil kontrol simpangan pada Tabel 4.20 sampai dengan Tabel 4.22 simpangan arah X dan Y didapatkan hasil analisis memenuhi persyaratan sesuai SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

4.3.5.5 Kontrol Ketidakberaturan Torsi

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.4.3 menyebutkan struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik C, D, E, atau F dimana ketidakberaturan torsi tipe 1a atau 1b terjadi seperti didefinisikan dalam Tabel 10 SNI 1726:2012 harus mempunyai pengaruh yang diperhitungkan. Karena struktur gedung Hotel Swiss-Bellin Surabaya termasuk kategori desain seismik D maka diperlukan kontrol terlebih dahulu terhadap ketidakberaturan torsi 1a atau 1b seperti yang didefinisikan dalam Tabel 10 SNI 1726:2012. Ilustrasi dari uraian di atas diperlihatkan pada Gambar 4.27.



Gambar 4.27 Faktor Pembesaran Torsi (A_x)

Dimana :

δ_A atau δ_{max} dan δ_B atau δ_{min} dihitung berdasarkan simpangan akibat beban spektra.

Berdasarkan SNI 1726:2012 Tabel 10 struktur dikategorikan ketidakberaturan torsi 1a dan 1b bila ketentuan di bawah ini terpenuhi :

- | | |
|--|--------------------------------|
| $\delta_{max} < 1,2 \delta_{avg}$ | : tanpa ketidakberaturan torsi |
| $1,2 \delta_{avg} < \delta_{max} < 1,4 \delta_{avg}$ | : ketidakberaturan torsi 1a |
| $\delta_{max} > 1,4 \delta_{avg}$ | : ketidakberaturan torsi 1b |

Tabel 4.23 Perhitungan Kontrol Tipe Ketidakberaturan Torsi
Arah Gempa X

Lantai	δ_{\max}	δ_{\min}	δ_{avg}	$1,2\delta_{\text{avg}}$	$1,4\delta_{\text{avg}}$	Kontrol
	mm	mm	mm	mm	mm	
Atap	17,69	17,10	17,39	20,87	29,22	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
14	17,28	16,72	17,00	20,40	28,56	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
13	16,75	16,20	16,47	19,77	27,68	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
12	16,07	15,56	15,82	18,98	26,57	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
11	15,28	14,79	15,04	18,04	25,26	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
10	14,37	13,92	14,14	16,97	23,76	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
9	13,37	12,95	13,16	15,79	22,11	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
8	12,27	11,89	12,08	14,50	20,30	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
7	11,09	10,75	10,92	13,10	18,34	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
6	9,82	9,52	9,67	11,60	16,24	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
5	8,47	8,21	8,34	10,01	14,01	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
4	7,04	6,83	6,93	8,32	11,65	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
3	5,51	5,35	5,43	6,51	9,12	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
2	3,48	3,38	3,43	4,12	5,77	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Mez	1,54	1,49	1,51	1,82	2,54	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
1	0,24	0,23	0,24	0,29	0,40	Tanpa Ketidakberaturan Torsi

Tabel 4.24 Perhitungan Kontrol Tipe Ketidakberaturan Torsi
Arah Gempa Y

Lantai	δ_{\max}	δ_{\min}	δ_{avg}	$1,2\delta_{\text{avg}}$	$1,4\delta_{\text{avg}}$	Kontrol
	mm	mm	mm	mm	mm	
Atap	18,19	16,33	17,26	20,71	29,00	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
14	17,75	15,93	16,84	20,21	28,29	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
13	17,17	15,39	16,28	19,54	27,36	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
12	16,46	14,73	15,60	18,71	26,20	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
11	15,62	13,95	14,79	17,75	24,84	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
10	14,66	13,08	13,87	16,65	23,30	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
9	13,61	12,14	12,88	15,45	21,64	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
8	12,47	11,13	11,80	14,16	19,83	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
7	11,25	10,05	10,65	12,78	17,89	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
6	9,94	8,89	9,41	11,30	15,81	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
5	8,55	7,66	8,10	9,72	13,61	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
4	7,10	6,35	6,72	8,07	11,29	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
3	5,55	4,96	5,25	6,30	8,82	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
2	3,51	3,13	3,32	3,98	5,57	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Mez	1,53	1,37	1,45	1,74	2,43	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
1	0,22	0,20	0,21	0,25	0,35	Tanpa Ketidakberaturan Torsi

Berdasarkan perhitungan kontrol terhadap ketidakberaturan torsi akibat beban gempa arah x dan arah y pada Tabel 4.23 dan Tabel 4.24 dapat dinyatakan struktur gedung tidak mengalami ketidakberaturan torsi. Oleh karena itu tidak diperlukan perhitungan faktor pembesaran torsi (A_x).

4.3.5.6 Kontrol Sistem Ganda

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1, Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah kerja beban gempa tersebut. Berikut total reaksi perletakan SRPM dan Sistem Rangka Baja dengan Bresing Terkekang Terhadap Tekuk (BRBF):

Tabel 4.25 Reaksi Perletakan dan Persentase Gaya Geser yang Dipikul akibat Gempa Arah X dan Arah Y

Pemikul Gaya Geser	Gempa X		Gempa Y	
	kg	%	kg	%
BRBF	173764,44	73,78	179609,11	73,89
SRPM	61746,63	26,22	63473,74	26,11
Total	235511,07	100	243082,85	100

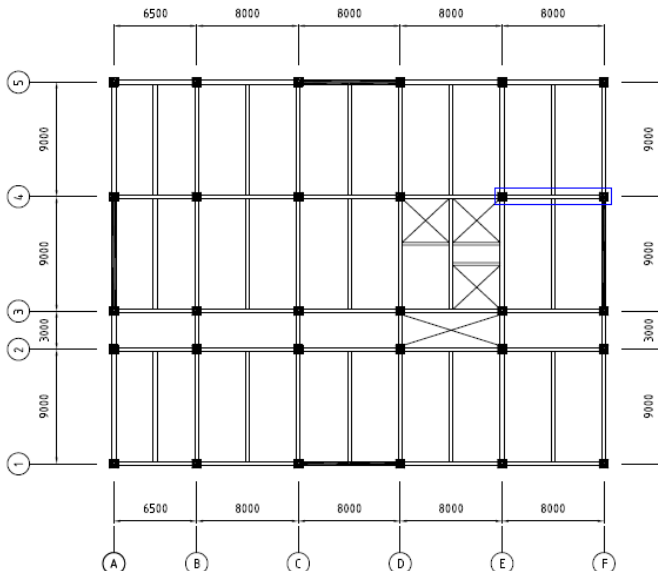
Dari hasil perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa persentase total dari SRPM memiliki nilai lebih besar dari 25%, sehingga konfigurasi struktur gedung telah memenuhi syarat sebagai struktur sistem ganda berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1.

4.4 Perencanaan Struktur Primer

Setelah dilakukan permodelan struktur 3 dimensi dengan menggunakan program bantu ETABS 2016, maka tahap selanjutnya adalah dengan melakukan analisis struktur melalui kontrol terhadap struktur utama dengan menggunakan peraturan SNI 1729:2015.

4.4.1 Perencanaan Balok Induk

4.4.1.1 Balok Induk Arah X



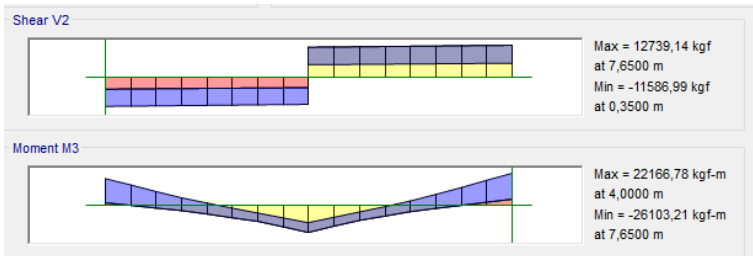
Gambar 4.28 Balok Induk Arah X yang Ditinjau Pada Lantai 3

Balok induk arah X direncanakan menggunakan balok komposit baja-beton dengan menggunakan profil WF 700 x 300 x 13 x 24 dan pelat bondek dengan data sebagai berikut :

W	= 185 kg/m	r	= 28 mm	h	= 700-2(24+28)
A	= 235,5 cm ²	Z _x	= 1108 cm ³		= 596 mm
t _w	= 13 mm	i _y	= 6,78 cm	bf	= 300 mm
t _f	= 24 mm	I _x	= 201000 cm ⁴	f _y	= 250 MPa
d	= 700 mm	I _y	= 10800 cm ⁴	f _u	= 410 MPa

a. Kondisi sebelum komposit

Pada kondisi sebelum komposit, berdasarkan hasil analisa program ETABS 2016, diperoleh gaya dalam maksimum balok sebagai berikut :



Gambar 4.29 Gaya Dalam Balok Induk Arah X Sebelum Komposit

$$M_u = 26103,21 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 12739,14 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur
- Kontrol terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 24} = 6,25$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda < \lambda_{pf} \rightarrow 8,82 < 10,75 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{596}{13} = 45,846$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow 41 < 106,35 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 1108 = 15622500 \text{ kg.cm}$$

$$= 156225 \text{ kg.m}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 156225$$

$$= 140602,5 \text{ kg.m} > M_u = 22549,75 \text{ kg.m} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol terhadap tekuk lateral

Jarak pengaku lateral (L_b) = 800 cm

$$L_p = 337,511 \text{ cm}$$

$$L_r = 1000,308 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{Bentang menengah}$$

$$M_u = 26103,21 \text{ kg.m}$$

$$M_A = 6068,13 \text{ kg.m}$$

$$M_B = 22166,64 \text{ kg.m}$$

$$M_C = 4190,32 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5M_{maks}}{2,5M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2,3$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 26103,21}{2,5 \times 26103,21 + 3 \times 6068,13 + 4 \times 22166,64 + 3 \times 4190,32} \leq 2,3$$

$$C_b = 1,76 \leq 2,3 \rightarrow C_b = 1,76$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$= 6249 \cdot 2500 = 15622500 \text{ kg.cm} = 156225 \text{ kg.m}$$

$$M_r = S_x \cdot (f_y - f_r)$$

$$= 5760 \cdot (2500 - 700) = 10368000 \text{ kg.cm}$$

$$= 103680 \text{ kg.m}$$

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right] \leq M_p$$

$$M_n = 1,76 \left[103680 + (140602 - 103680) \frac{1000,308 - 800}{1000,308 - 337,511} \right]$$

$$= 211214,1 \text{ kg.m} > M_p = 156225 \text{ kg.m}$$

Maka digunakan $M_p = 156225 \text{ kg.m}$

Cek kemampuan penampang :

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 156225 \text{ kg.m}$$

$$= 140602,5 \text{ kg.m} > M_u = 26103,21 \text{ kg.m} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{t_w} = 45,846 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} = 41 < 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 69,57 \rightarrow \text{Plastis} \rightarrow C_v = 1$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$= 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot 91 \cdot 1$$

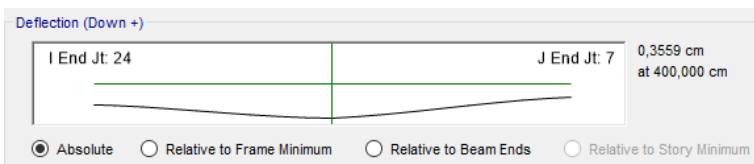
$$= 122850 \text{ kg} > 12739,14 \text{ kg} \rightarrow \text{OK !}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 8 \text{ m} = 800 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{800}{360} = 2,22 \text{ cm}$$

Dari hasil analisis ETABS didapatkan nilai lendutan sebagai berikut :



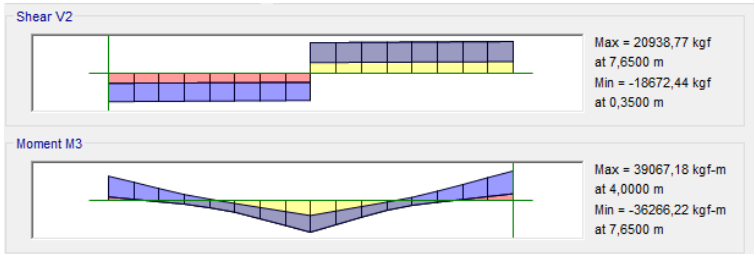
Gambar 4.30 Lendutan pada Balok Induk Arah X Sebelum Komposit

$$f^o = 0,3559 \text{ cm}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,3559 \text{ cm} < 2,22 \text{ cm} \rightarrow \text{OK !}$$

b. Kondisi setelah komposit

Pada kondisi setelah komposit, berdasarkan hasil ETABS 2016, diperoleh gaya dalam maksimum sebagai berikut :



Gambar 4.31 Gaya Dalam Balok Induk Arah X Setelah Komposit

$$M_{\text{maks}} = 39067,18 \text{ kg.m}$$

$$M_{\text{min}} = 36266,22 \text{ kg.m}$$

$$V_{\text{maks}} = 20938,77 \text{ kg}$$

Zona Momen Positif

Menghitung Momen Nominal

- Lebar efektif (B_{eff})

$$B_{\text{eff}} \leq \frac{1}{8} \times L = \frac{1}{8} \times 800 = 100 \text{ cm}$$

$$B_{\text{eff}} < \frac{1}{2} \times 400 = 200 \text{ cm}$$

Dipakai $B_{\text{eff}} = 100 \text{ cm}$

- Kriteria penampang

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{596}{13} = 45,846$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 106,35$$

$\lambda < \lambda_p$; momen nominal dianalisa dengan distribusi tegangan plastis

- Menentukan kekuatan penampang

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 f_c' t_{\text{pelat}} B_{\text{eff}} \\ &= 0,85 \times 300 \times 12 \times 100 \\ &= 306000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s \times f_y \\
 &= 235,5 \times 2500 \\
 &= 588750 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Menentukan PNA di pelat

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot B_{eff}} \\
 &= \frac{235,5 \cdot 2500}{0,85 \cdot 300 \cdot 100} = 23,09 \text{ cm} > t_p = 12 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka lokasi sumbu netral jatuh pada profil baja

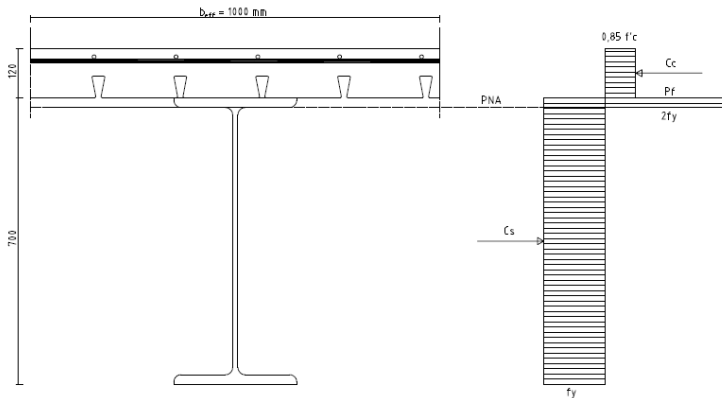
- Menentukan tinggi blok tekan pada sayap profil baja

$$\begin{aligned}
 df &= \frac{C_s - C_c}{2(bf \times f_y)} \\
 &= \frac{141375}{30 \times 2500} \\
 &= 1,885 \text{ cm} \\
 &= 18,85 \text{ mm} < t_f = 24 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pf &= f_y \times bf \times df \\
 &= 2500 \times 30 \times 1,885 = 144260,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Menghitung momen positif

$$\begin{aligned}
 d_1 &= 120 \text{ mm} \\
 d_2 &= df/2 = 9,425 \text{ mm} \\
 d_3 &= d/2 = 700/2 = 350 \text{ mm} \\
 Mn &= C_c \cdot (d_1/2 + df)' + 2 Pf (d_2) + C_s \cdot (d_3 - df) \\
 &= 306000 \cdot (120/2 + 18,85) + 2 \cdot 144260,2 \cdot (9,425) + 588750 \cdot (350 - 18,85) \\
 &= 22181196,73 \text{ kg.cm} \\
 &= 221811,97 \text{ kg.m} > Mu = 39067,18 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.32 Gaya Pada Balok Komposit Akibat Momen Positif

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{t_w} = 45,846 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} = 41 < 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 69,57 \rightarrow \text{Plastis} \rightarrow C_v = 1$$

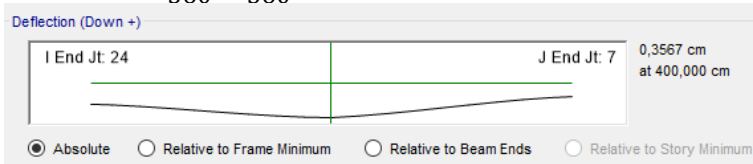
$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \\ &= 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot 9100 \cdot 1 \\ &= 122850 \text{ kg} > 20938,77 \text{ kg} \rightarrow \text{OK !} \end{aligned}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 8 \text{ m} = 800 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{800}{360} = 2,22 \text{ cm}$$



Gambar 4.33 Lendutan pada Balok Induk Arah X Setelah Komposit

$$f^o = 0,3657 \text{ cm}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,3657 \text{ cm} < 2,22 \text{ cm} \rightarrow \text{OK !}$$

Zona Momen Negatif

Dipasang tulangan pada pelat beton berjumlah 8Ø10 di sepanjang B_{eff} . Batang tulangan menambah kekuatan tarik nominal pada pelat beton.

$$\begin{aligned} T &= n \cdot A_r \cdot f_y \\ &= 8 \cdot 0,785 \cdot 4200 \\ &= 26389,38 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Gaya tekan nominal maksimum menambah kekuatan tarik nominal pada pelat beton.

$$\begin{aligned} P_{yc} &= A_s \times f_y \\ &= 235,5 \times 2500 \\ &= 588750 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Gaya pada sayap profil (T_f)

$$\begin{aligned} T_f &= b_f \times t_f \times f_y \\ &= 30 \times 2,4 \times 2500 \\ &= 180000 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Gaya pada badan profil

$$\begin{aligned} T_w &= (P_{yc} - T)/2 - T_f \\ &= (588750 - 26389,38)/2 - 180000 \\ &= 101180,31 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jarak garis netral

$$\begin{aligned} a_w &= \frac{T_w}{f_y \times t_w} = \frac{101180,31}{2500 \times 1,3} \\ &= 31,132 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_2 &= \frac{(T_f \times 0,55 t_f) + (T_w (t_f + 0,5 a_w))}{T_f + T_w} \\ &= \frac{(180000 \times 0,55 \times 2,4) + (101180,31 (2,4 + 0,5 \times 31,132))}{180000 + 101180,31} \\ &= 7,31 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$d_3 = d/2 = 70/2 = 35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} d_1 &= h_r + t_b - c \\ &= 5,4 + 12 - 2 = 10 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Perhitungan momen negatif

$$\begin{aligned} M_n &= T \times (d_1 + d_2) + P_{cy} \times (d_3 - d_2) \\ &= 26389,38 \times (10 + 7,31) + 588750 \times (35 - 7,31) \\ &= 16759292,04 \text{ cm} = 167592,92 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u \rightarrow \phi_b = 0,9$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 167592,92 \text{ kgm} = 150833,63 \text{ kg.m}$$

$$150833,63 \text{ kgm} \geq 32266 \text{ kgm} \text{ ..OK}$$

- c. Perencanaan Penghubung Geser (*Shear Connector*)

Direncanakan penghubung geser yang dipakai adalah tipe stud dengan data sebagai berikut :

$$d_s = 25 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = 490 \text{ mm}^2$$

$$f_u = 400 \text{ MPa}$$

$$R_g = 0,85$$

$$R_p = 0,6$$

$$E_c = 4700 f_c^{0,5}$$

$$= 4700 \cdot 30^{0,5}$$

$$= 25742,96 \text{ MPa}$$

$$Q_n = 0,5 A_{sc} \sqrt{f_c'} E_c \leq R_g R_p A_{sc} F_u$$

$$Q_n = 0,5 \cdot 490 (30 \cdot 25742,96)^{0,5}$$

$$= 215305,91 \text{ N}$$

$$R_g R_p A_{sc} f_u = 0,85 \cdot 0,6 \cdot 490 \cdot 400 = 99960 \text{ N}$$

$$Q_n = 99960 \text{ N}$$

Jumlah penghubung geser momen positif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris

$$N = \frac{v'}{2Q_n} = \frac{2998800}{2 \times 99960} = 15 \text{ buah}$$

Jumlah penghubung geser momen negatif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris

$$N = \frac{v'}{2Q_n} = \frac{258616}{2 \times 99960} = 1,9 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

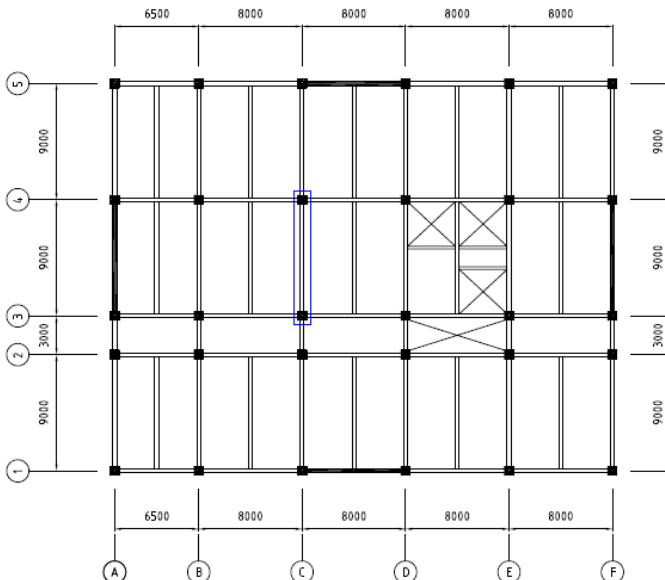
Jarak antar penghubung geser momen positif

$$S = \frac{L'}{N} = \frac{800}{16} = 50 \text{ cm}$$

Jarak antar penghubung geser momen negatif

$$S = \frac{L'}{N} = \frac{800}{2} = 400 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

4.4.1.2 Balok Induk Arah Y



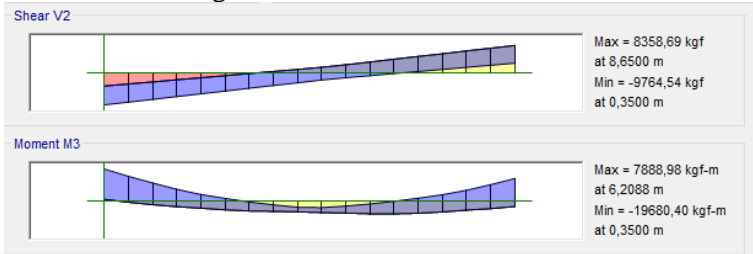
Gambar 4.34 Balok Induk Arah Y yang Ditinjau Pada Lantai 6

Balok induk arah Y direncanakan menggunakan balok komposit baja-beton dengan menggunakan profil WF 700 x 300 x 13 x 24 dan pelat bondek dengan data sebagai berikut :

W	= 185 kg/m	r	= 28 mm	h	= 700-2(24+28)
A	= 235,5 cm ²	Z _x	= 1108 cm ³		= 596 mm
t _w	= 13 mm	i _y	= 6,78 cm	bf	= 300 mm
t _f	= 24 mm	I _x	= 201000 cm ⁴	f _y	= 250 MPa
d	= 700 mm	I _y	= 10800 cm ⁴	f _u	= 410 MPa

a. Kondisi sebelum komposit

Pada kondisi sebelum komposit, berdasarkan hasil analisa program ETABS 2016, diperoleh gaya dalam maksimum balok sebagai berikut :



Gambar 4.35 Gaya Dalam Balok Induk Arah Y Sebelum Komposit

$$M_u = 19680,4 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 9764,54 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur
- Kontrol terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 24} = 6,25$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda < \lambda_{pf} \rightarrow 8,82 < 10,75 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{596}{13} = 45,846$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow 41 < 106,35 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 1108 = 15622500 \text{ kg.cm} \\ &= 156225 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 156225$$

$$= 140602,5 \text{ kg.m} > M_u = 19680,4 \text{ kg.m} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol terhadap tekuk lateral

Jarak pengaku lateral (L_b) = 900 cm

$$L_p = 337,511 \text{ cm}$$

$$L_r = 1000,308 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{Bentang menengah}$$

$$M_u = 19680,4 \text{ kg.m}$$

$$M_A = 4319,56 \text{ kg.m}$$

$$M_B = 6891,03 \text{ kg.m}$$

$$M_C = 7424,99 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5M_{maks}}{2,5M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2,3$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 19680,4}{2,5 \times 19680,4 + 3 \times 4319,56 + 4 \times 6891,03 + 3 \times 7424,99} \leq 2,3$$

$$C_b = 2,19 \leq 2,3 \rightarrow C_b = 2,19$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$= 6249 \cdot 2500 = 15622500 \text{ kg.cm} = 156225 \text{ kg.m}$$

$$M_r = S_x \cdot (f_y - f_r)$$

$$= 5760 \cdot (2500 - 700) = 10368000 \text{ kg.cm}$$

$$= 103680 \text{ kg.m}$$

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right] \leq M_p$$

$$M_n = 2,19 \left[103680 + (140602 - 103680) \frac{1000,308 - 900}{1000,308 - 337,511} \right]$$

$$= 391471,7 \text{ kg.m} > M_p = 156225 \text{ kg.m}$$

Maka digunakan $M_p = 156225 \text{ kg.m}$

Cek kemampuan penampang :

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 156225 \text{ kg.m}$$

$$= 140602,5 \text{ kg.m} > M_u = 26103,21 \text{ kg.m} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{t_w} = 45,846 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} = 41 < 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 69,57 \rightarrow \text{Plastis} \rightarrow C_v = 1$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$= 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot 91 \cdot 1$$

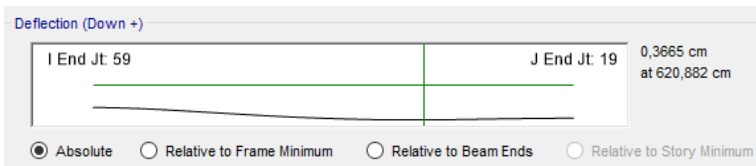
$$= 122850 \text{ kg} > 9764,54 \text{ kg} \rightarrow \text{OK !}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 12 \text{ m} = 900 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{900}{360} = 2,5 \text{ cm}$$

Dari hasil analisis ETABS didapatkan nilai lendutan sebagai berikut :



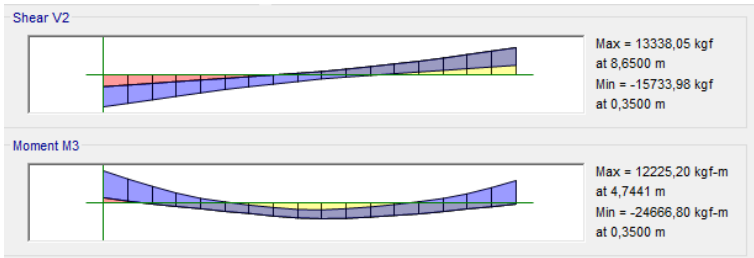
Gambar 4.36 Lendutan pada Balok Induk Arah Y Sebelum Komposit

$$f^o = 0,3665 \text{ cm}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,3665 \text{ cm} < 3,33 \text{ cm} \rightarrow \text{OK !}$$

- Kondisi setelah komposit

Pada kondisi setelah komposit, berdasarkan hasil ETABS 2016, diperoleh gaya dalam maksimum sebagai berikut :



Gambar 4.37 Gaya Dalam Balok Induk Arah Y Setelah Komposit

$$M_{\text{maks}} = 12225,2 \text{ kg.m}$$

$$M_{\text{min}} = 24666,8 \text{ kg.m}$$

$$V_{\text{maks}} = 15733,98 \text{ kg}$$

Zona Momen Positif

Menghitung Momen Nominal

- Lebar efektif (B_{eff})

$$B_{\text{eff}} \leq \frac{1}{4} \times L = \frac{1}{4} \times 900 = 112,5 \text{ cm}$$

$$B_{\text{eff}} < \frac{s}{2} = \frac{900}{2} = 450 \text{ cm}$$

Dipakai $B_{\text{eff}} = 112,5 \text{ cm}$

- Kriteria penampang

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{596}{13} = 45,85$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 106,35$$

$\lambda < \lambda_p$; momen nominal dianalisa dengan distribusi tegangan plastis

- Menentukan gaya tekan yang terjadi

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 f_c' t_{\text{pelat}} B_{\text{eff}} \\ &= 0,85 \times 300 \times 12 \times 112,5 \\ &= 344250 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s &= A_s \times f_y \\ &= 235,5 \times 2500 = 588750 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Menentukan PNA di pelat

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot B_{eff}} = \frac{235,5 \cdot 2500}{0,85 \cdot 300 \cdot 100} = 20,52 \text{ cm} > t_p = 12 \text{ cm}$$

Maka lokasi sumbu netral jatuh pada profil baja

- Menentukan tinggi blok tekan pada sayap profil baja

$$df = \frac{C_s - C_c}{2(bf \times fy)} = \frac{122250}{30 \times 2500} = 1,63 \text{ cm}$$

$$= 16,3 \text{ mm} < t_f = 24 \text{ mm}$$

$$Pf = f_y \times bf \times df = 2500 \times 30 \times 1,63 = 124744,8 \text{ kg}$$

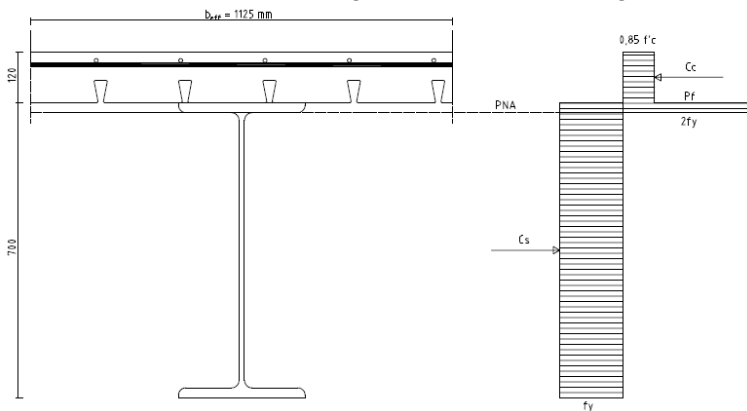
- Menghitung momen positif

$$d_1 = 120 \text{ mm}$$

$$d_2 = df/2 = 8,15 \text{ mm}$$

$$d_3 = d/2 = 700/2 = 350 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mn &= C_c \cdot (d_1/2 + df)' + 2 Pf (d_2) + C_s \cdot (d_3 - df) \\ &= 344250 \cdot (120/2 + 16,3) + 2 \cdot 144260,2 \cdot (8,15) \\ &\quad + 588750 \cdot (350 - 16,3) \\ &= 22476549,18 \text{ kg.cm} \\ &= 224765,49 \text{ kg.m} > Mu = 12225,2 \text{ kg.m} \end{aligned}$$



Gambar 4.38 Gaya Pada Balok Komposit Akibat Momen Positif

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{t_w} = 45,85 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} = 45,85 < 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 69,57 \rightarrow \text{Plastis} \rightarrow C_v = 1$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

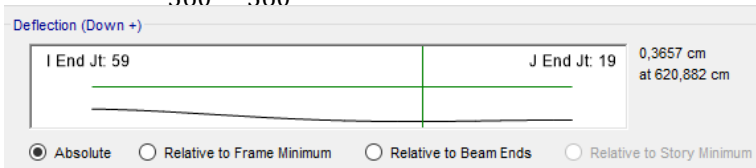
$$= 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot (59,6 \times 13) \cdot 1$$

$$= 122850 \text{ kg} > 15733,98 \text{ kg} \rightarrow \text{OK} !$$

- Kontrol lendutan

$$L = 12 \text{ m} = 900 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{900}{360} = 2,5 \text{ cm}$$



Gambar 4.39 Lendutan pada Balok Induk Arah Y Setelah Komposit

$$f^o = 0,366 \text{ cm}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,366 \text{ cm} < 2,5 \text{ cm} \rightarrow \text{OK} !$$

Zona Momen Negatif

Dipasang tulangan pada pelat beton berjumlah 8Ø10 di sepanjang B_{eff} . Batang tulangan menambah kekuatan tarik nominal pada pelat beton.

$$T = n \cdot A_r \cdot f_y$$

$$= 8 \cdot 0,785 \cdot 4200$$

$$= 26389,38 \text{ kg}$$

- Gaya tekan nominal maksimum menambah kekuatan tarik nominal pada pelat beton.

$$\begin{aligned} P_{yc} &= A_s \times f_y \\ &= 235,5 \times 2500 \\ &= 588750 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Gaya pada sayap profil (T_f)

$$\begin{aligned} T_f &= b_f \times t_f \times f_y \\ &= 30 \times 2,4 \times 2500 \\ &= 180000 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Gaya pada badan profil

$$\begin{aligned} T_w &= (P_{yc} - T)/2 - T_f \\ &= (588750 - 26389,38)/2 - 180000 \\ &= 101180,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jarak garis netral

$$\begin{aligned} a_w &= \frac{T_w}{f_y \times t_w} = \frac{101180,3}{2500 \times 1,3} \\ &= 31,13 \text{ cm} \\ d_2 &= \frac{(T_f \times 0,55 t_f) + (T_w (t_f + 0,5 a_w))}{T_f + T_w} \\ &= \frac{(180000 \times 0,55 \times 2,4) + (101180,3 (2,4 + 0,5 \times 31,13))}{180000 + 94740,05} \\ &= 7,31 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$d_3 = d/2 = 70/2 = 35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} d_1 &= h_r + t_b - c \\ &= 5,4 + 6,6 - 2 = 10 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Perhitungan momen negatif

$$\begin{aligned} M_n &= T \times (d_1 + d_2) + P_{cy} \times (d_3 - d_2) \\ &= 26389,38 \times (10 + 7,31) + 588750 \times (35 - 7,3) \\ &= 16759292,04 \text{ cm} = 167592,92 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u \rightarrow \phi_b = 0,9$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 167592,92 \text{ kgm} = 150833,63 \text{ kg.m}$$

$$150833,63 \text{ kgm} \geq 24666,8 \text{ kgm} \text{ ..OK}$$

- c. Perencanaan Penghubung Geser (*Shear Connector*)

Direncanakan penghubung geser yang dipakai adalah tipe stud dengan data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
d_s &= 25 \text{ mm} \\
A_{sc} &= 490 \text{ mm}^2 \\
f_u &= 400 \text{ MPa} \\
R_g &= 0,85 \\
R_p &= 0,6 \\
E_c &= 4700 f_c^{0,5} \\
&= 4700 \cdot 30^{0,5} \\
&= 25742,96 \text{ MPa} \\
Q_n &= 0,5 A_{sc} \sqrt{f_c'} E_c \leq R_g R_p A_{sc} F_u \\
Q_n &= 0,5 \cdot 490 (30 \cdot 25742,96)^{0,5} \\
&= 215305,91 \text{ N} \\
R_g R_p A_{sc} f_u &= 0,85 \cdot 0,6 \cdot 490 \cdot 400 = 99960 \text{ N} \\
Q_n &= 99960 \text{ N}
\end{aligned}$$

Jumlah penghubung geser momen positif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris

$$N = \frac{v'}{2Q_n} = \frac{344250}{2 \times 99960} = 17 \text{ buah} \approx 18 \text{ buah}$$

Jumlah penghubung geser momen negatif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris

$$N = \frac{v'}{2Q_n} = \frac{258615,9}{2 \times 99960} = 1,2 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Jarak antar penghubung geser momen positif

$$S = \frac{L'}{N} = \frac{800}{15} = 50 \text{ cm}$$

Jarak antar penghubung geser momen negatif

$$S = \frac{L'}{N} = \frac{800}{2} = 400 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

4.4.2 Perencanaan Kolom CFT

Kolom merupakan struktur vertikal yang memikul beban gravitasi dan gempa serta meneruskan beban struktur di atasnya ke elemen struktur di bawahnya. Dalam Tugas Akhir ini direncanakan dimensi dan tipe kolom dibagi menjadi 2 yaitu lantai 1-8 dan lantai 9-atap.

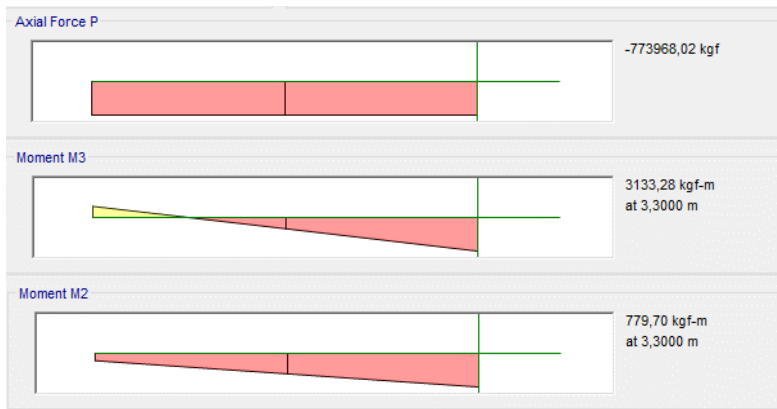
Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan pada kolom lantai 1-9. Direncanakan sebagai kolom komposit CFT dengan dimensi 700 x 700 x 28 dengan tinggi kolom 400 cm. Berikut spesifikasi profil yang digunakan :

W	= 575 kg/m	r	= 27,2 mm	A _{total}	= 4900 cm ²
As	= 732 cm ²	Z _x	= 15530 cm ³	Ac	= 4168 cm ²
t _w	= 28 mm	Z _y	= 15530 cm ³	i _x	= 27,2 cm
t _f	= 28 mm	I _x	= 543500 cm ⁴		
d	= 700 mm	I _y	= 543500 cm ⁴		

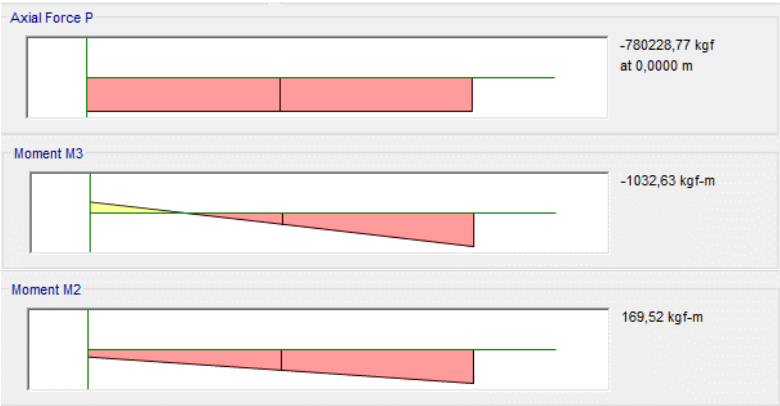
Dari hasil analisa program bantu ETABS 2016 didapatkan gaya dalam maksimum yang bekerja pada kolom sebagai berikut :

Tabel 4.26 Gaya Dalam pada Kolom CFT Akibat Kombinasi Beban Gempa dan Beban Gravitasi

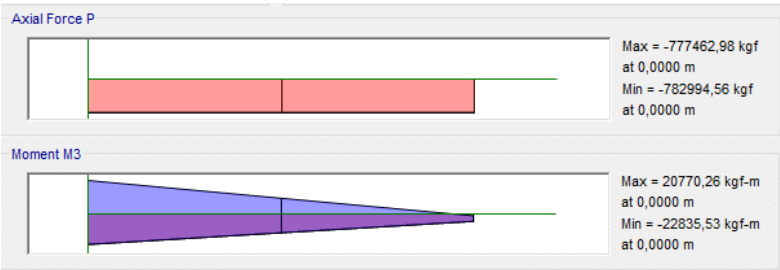
Kombinasi	Pu (kg)	M _x (kg.m)	M _y (kg.m)
1,2D+0,5L+Ex	-782994,56	-22835,53	-5780,25
1,2D+0,5L+Ey	-782602,89	-7572,91	-19657,7
1,2D+0,5L	-773968,02	-3133,28	779,7



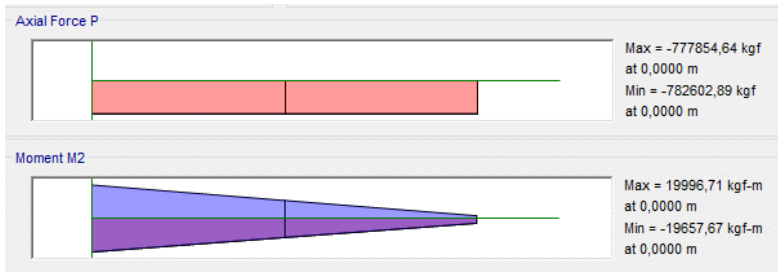
Gambar 4.40 Gaya Dalam pada Kolom CFT Akibat Beban Gravitasi Pada Bentang 3,3 m



Gambar 4.41 Gaya Dalam pada Kolom CFT Akibat Beban Gravitasi Pada Bentang 0 m



Gambar 4.42 Gaya Dalam pada Kolom CFT Akibat Beban Gempa X



Gambar 4.43 Gaya Dalam pada Kolom CFT Akibat Beban Gempa Y

Kolom Lantai Mezzanine

(1,2D + 0,5L)

Bentang 3,3 m

$P_u = 773968,02 \text{ kg}$

$M_{ux} = 3133,28 \text{ kg.m}$

$M_{uy} = 779,7 \text{ kg.m}$

Bentang 0 m

$P_u = 780228,77 \text{ kg}$

$M_{ux} = 1032,63 \text{ kg.m}$

$M_{uy} = 169,52 \text{ kg.m}$

Bahan :

BJ 41 : $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Beton : $f_c' = 35 \text{ MPa} = 350 \text{ kg/cm}^2$

a. Kuat nominal tekan kolom komposit

- Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% = \frac{732}{4168 + 732} \times 100\% = 14,94\% > 4\% \rightarrow \text{OK !}$$

- Kontrol mutu beton yang digunakan

$f_c' = 35 \text{ MPa}$

$21 \text{ MPa} \leq f_c' \leq 70 \text{ MPa} \rightarrow \text{OK !}$

- Kontrol mutu profil baja

$f_y = 250 \text{ MPa}$

$f_y \leq 525 \text{ MPa} \rightarrow \text{OK !}$

- Kontrol tebal minimum penampang persegi

$$t_{\min} = b \times \sqrt{\frac{fy}{3E}}$$

$$t_{\min} = 700 \times \sqrt{\frac{250}{3 \times 2 \times 10^5}} = 14,28 \text{ mm} \leq 28 \text{ mm} \rightarrow \text{OK !}$$

- Kuat nominal tekan kolom komposit

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{700}{2 \times 28} = 12,5$$

$$\lambda_{pf} = 2,26 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 2,26 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,92$$

$$\lambda = 12,5 < \lambda_{pf} = 63,92 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut :

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = fy \cdot As + C_2 \cdot fc' \left(Ac + Asr \frac{Es}{Ec} \right)$$

$$P_p = 2500 \times 732 + 0,85 \cdot 350 \times (4168 + 0) \\ = 3069980 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,9 \times P_p$$

$$= 0,9 \times 3069980 = 2762982 \text{ kg}$$

$$\phi P_n > P_u$$

$$2762982 \text{ kg} > 780228,77 \text{ kg}$$

- b. Momen nominal kolom

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{700}{2 \times 28} = 12,5$$

$$\lambda_{pf} = 1,12 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 1,12 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 31,68$$

$$\lambda = 12,5 < \lambda_{pf} = 31,68 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 15530 \\ = 38825000 \text{ kg.cm} = 388250 \text{ kg.m}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 388250 \text{ kg.m} \\ = 349425 \text{ kg.m} \geq 22835,53 \text{ kg.m} \rightarrow \text{OK !}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral
Panjang tak terkekang adalah tinggi kolom – dbalok
 $L_b = 400 - 70 = 330 \text{ cm}$

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \frac{\sqrt{E}}{\sqrt{f_y}} = 1,76 \times 27,2 \times \frac{\sqrt{2 \times 10^5}}{\sqrt{250}} \\ = 1354,025 \text{ cm}$$

$L_b \leq L_p \rightarrow$ bentang pendek

Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 15530 \\ = 38825000 \text{ kg.cm} = 388250 \text{ kg.m}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_{ux}$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 388250 \\ = 349425 \text{ kg.m} \geq 22835,53 \text{ kg.m} \rightarrow \text{OK !}$$

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_{uy}$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 388250 \\ = 349425 \text{ kg.m} \geq 19657,7 \text{ kg.m} \rightarrow \text{OK !}$$

- c. Kontrol lentur dan aksial orde kedua

Momen lentur dan aksial terfaktor arah X dan Y ditentukan berdasarkan persamaan berikut ini:

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t$$

dengan :

$$C_m = 0,6 - 0,4(M_1/M_2)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_1}{P_{e1}}} \geq 1,00$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{estory}}}$$

$$P_{estory} = RM \frac{HL}{\Delta H}$$

- Arah sumbu X :

- Dari ETABS 2016 diperoleh output sebagai berikut :

$$P_1 = -782994,56 \text{ kg}$$

$$M_1 = 3133,28 \text{ kg.m}$$

$$M_2 = 1032,63 \text{ kg.m}$$

Sehingga perhitungan B_1 menjadi :

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{3133,28}{1032,63} \right) = 1,814$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 2 \times 10^5 \times 543500}{\frac{(1 \times 400)^2}{1,814}} = 67051624,9$$

$$B_1 = \frac{1,814}{1 - \frac{782994,56}{67051624,9}} = 1,835 < 1$$

Maka digunakan $B_1 = 1,835$

- Kontrol momen terhadap beban lateral (Ex)

Dari ETABS 2016 diperoleh output sebagai berikut :

$$H/\Delta = 11178934,35 \text{ kg/cm (kekakuan lantai)}$$

$$P_{story} = 14256932,22 \text{ kg (aksial total lantai)}$$

$$P_{estory} = 1 \times 400 \times 11178934,35 = 4471573740 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{1 \times 14256932,22}{4471573740}} = 1,003 > 1$$

Maka digunakan $B_2 = 1,003$

- Momen berfaktor pada sumbu X

$$M_{nt} = M_x \text{ max} = 3133,28 \text{ kg.m (akibat beban gravitasi)}$$

$$M_{lt} = M_x \text{ max} = 22835,53 \text{ kg.m (akibat beban gempa)}$$

$$M_{rx} = B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt}$$

$$M_{rx} = 1,835 \times 3133,28 + 1,003 \times 22835,53$$

$$= 28654,04 \text{ kg.m}$$

- Arah sumbu Y :
 - Dari ETABS 2016 diperoleh output sebagai berikut :

$$P_1 = -782602,89 \text{ kg}$$

$$M_1 = 779,7 \text{ kg.m}$$

$$M_2 = 169,52 \text{ kg.m}$$
 Sehingga perhitungan B_1 menjadi :

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{779,7}{169,52} \right) = 2,44$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 2 \times 10^5 \times 543500}{(1 \times 400)^2} = 67051624,9$$

$$B_1 = \frac{0,446}{1 - \frac{782602,89}{67051624,9}} = 2,47 > 1$$
 Maka digunakan $B_1 = 2,47$
 - Kontrol momen terhadap beban lateral (E_y)

Dari ETABS 2016 diperoleh output sebagai berikut :

$$H/\Delta = 12161955,64 \text{ kg/cm (kekakuan lantai)}$$

$$P_{\text{story}} = 14256932,22 \text{ kg (aksial total lantai)}$$

$$P_{\text{estory}} = 1 \times 400 \times 12161955,64 = 4864782256 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{1 \times 14256932,22}{4864782256}} = 1,002 > 1$$
 Maka digunakan $B_2 = 1,002$
 - Momen berfaktor pada sumbu Y

$$M_{nt} = M_{y \text{ max}} = 169,52 \text{ kg.m (akibat beban gravitasi)}$$

$$M_{lt} = M_{y \text{ max}} = 19657,7 \text{ kg.m (akibat beban gempa)}$$

$$M_{ry} = B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt}$$

$$M_{ry} = 2,47 \times 169,52 + 1,002 \times 19657,7$$

$$= 20115,49 \text{ kg.m}$$
- Kontrol interaksi aksial-momen

Berdasarkan ETABS 2016, didapatkan data sebagai berikut :

$$P_{nt} = 773968 \text{ kg (akibat beban gravitasi)}$$

$$P_t = 782602,89 \text{ kg (akibat beban gempa)}$$

$$\begin{aligned}
 P_r &= P_{nt} + B_2 \cdot P_t \\
 &= 773968 + 1,002 \cdot 782602,89 \\
 &= 1558136,116 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

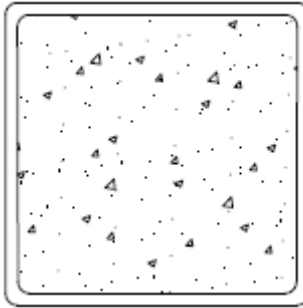
$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{P_r}{\phi_c \times P_n} = \frac{1558136,116}{0,9 \times 3069980} = 0,564 \geq 0,2$$

Maka digunakan rumus interaksi pertama sebagai berikut:

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$$

$$0,564 + \frac{8}{9} \left(\frac{28654,04}{349425} + \frac{20115,49}{349425} \right) = 0,688 \leq 1,0$$

Hasil kontrol interaksi yaitu $0,688 < 1,00$, maka kolom CFT 700 x 700 x 28 x 28 dapat digunakan.



Gambar 4.44 Penampang Melintang Kolom CFT

d. Kontrol *Strong Column - Weak Beam*

Menurut SNI 03-1729-2002 Pasal 15.7.6 tentang perbandingan kolom terhadap momen balok menyatakan persamaan :

$$\frac{\sum M_{pc}}{\sum M_{pb}} > 1$$

Dimana $\sum M_{pc}$ adalah jumlah proyeksi kuat lentur nominal kolom dan $\sum M_{pb}$ merupakan jumlah proyeksi kuat lentur nominal balok di daerah sendi plastis pada as kolom.

- Menghitung Mpc (Kolom CFT 700 x 700 x 28)

$$\begin{aligned} Z_c &= 16850 \text{ cm}^3 \\ N_{uc} &= 782603 \text{ kg} \\ f_y &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ A_g &= 732 \text{ cm}^2 \\ \Sigma M_{pc} &= \Sigma Z_c \left(f_{yc} - \frac{N_{uc}}{A_g} \right) \\ &= 2 \times \left(16850 \left(2500 - \frac{782603}{732} \right) \right) \\ &= 48220331,43 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$
- Menghitung Mpb (Balok WF 700 x 300 x 13 x 24)

$$\begin{aligned} Z_b &= 6249 \text{ cm}^3 \\ R_y &= 1,5 \\ f_y &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ M_y &= 3626622 \text{ kg.cm} \\ \Sigma M_{pb} &= \Sigma (1,1 \times R_y \times f_y \times Z_b + M_y) \\ &= 2 \times (1,1 \times 1,5 \times 2500 \times 6249 + 3226622) \\ &= 42307494 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$
- Syarat konsep *Strong Column – Weak Beam*

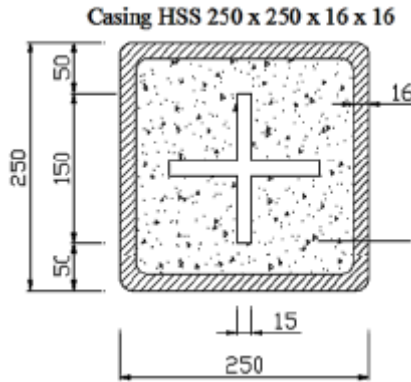
$$\frac{\Sigma M_{pc}}{\Sigma M_{pb}} = \frac{48220331,43}{42307494} = 1,14 > 1 \rightarrow \text{OK !}$$

Tabel 4.27 Rekapitulasi Dimensi Kolom CFT

Lantai	Profil
Mez – 10	CFT 700 x 700 x 28
11 - Atap	CFT 650 x 650 x 28

4.4.3 Perencanaan *Buckling Restrained Braced Frames*

Dalam analisa penampang BRB, yang dianalisa adalah penampang dari *steel core* (baja inti). Hal ini dikarenakan pada penampang BRB, baja inti yang dianggap menerima gaya aksial ataupun momen. Sedangkan *chasing* dan beton hanya berfungsi sebagai pengekan lateral baja inti (anti tekuk).



Gambar 4.45 Penampang BRB

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan pada bresing yang menerima beban aksial terbesar berdasarkan output ETABS 2016. Bresing BRB direncanakan dengan data perencanaan sebagai berikut :

f_y	$= 250 \text{ MPa}$	f_c	$= 30 \text{ MPa}$
A_{sc}	$= 42,75 \text{ cm}^2$	i_y	$= 3,16 \text{ cm}$
t_{sc}	$= 15 \text{ mm}$	b_{tube}	$= 250 \text{ mm}$
b_{sc}	$= 15 \text{ cm}$	A_{tube}	$= 149,76 \text{ cm}^2$
I_x	$= 425,67 \text{ mm}^4$	A_c	$= 432,49 \text{ cm}^2$
r	$= 5 \text{ cm}$		

Dari hasil analisis ETABS 2016, didapatkan gaya aksial yang terjadi pada bresing BRB dengan kombinasi beban ENVELOPE . Gaya aksial terbesar didapat pada *frame* D4 pada lantai *Mezzanine* yaitu sebagai berikut :

$P_u \text{ maks}$	$= 38165,07 \text{ kg}$
L	$= 6,0208 \text{ m}$

- a. Kontrol baja inti (*steel core*)
- Kontrol kelangsingan

$$\lambda = \frac{b_{sc}}{t_{sc}} = \frac{150}{15} = 10$$

$$\lambda_{pf} = 0,45 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,45 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 12,73$$

$\lambda = 10 < \lambda_{pf} = 12,73 \rightarrow$ Penampang non-langsing

- Kontrol *Demand Capacity Ratio* (DCR)

$$\text{DCR} = \frac{P_u}{\phi P_{ysc}} < 1$$

$$P_{ysc} = f_{ysc} \cdot A_{sc} = 2500 \cdot 42,75 = 106875 \text{ kg}$$

$$\text{DCR} = \frac{38165,07}{0,9 \times 106875} = 0,4 < 1 \rightarrow \text{OK}$$

- b. Kontrol kuat tekan BRB

Penampang BRB terdiri dari baja inti (*steel core*), *chasing* atau *tube*, dan mortar atau beton, untuk menghindari terjadinya tekuk pada penampang BRB maka perlu dilakukan kontrol kekuatan tekan.

$$\begin{aligned} \Sigma P_{nt} &= f_y \times A_{sc} + f_y \times A_{tube} + 0,85 \times f_c' \times \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \\ &= 2500 \times 42,75 + 2500 \times 149,76 + 0,85 \times 30 \times 432,49 \\ &= 492303,495 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi P_{nt} \geq P_u \text{ max}$$

$$\phi P_{nt} = 0,9 \times 492303,495$$

$$= 443073,1455 \text{ kg} > P_u \text{ max} = 38165,07 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- c. Kontrol BRB

- Kondisi leleh baja inti (*steel core*)

$$P_n = \phi \cdot A_{sc} \cdot f_{ysc} = 0,9 \times 42,75 \times 2500 = 96187,5 \text{ kg}$$

- Kondisi putus baja inti (*steel core*)

$$P_u = \phi \cdot A_{sc} \cdot f_u = 0,75 \times 42,75 \times 4100 = 131456,25 \text{ kg}$$

$$T_{maks} = 131456,25 \text{ kg}$$

- Kekuatan rencana baja inti (*steel core*)

$$P_{ysc} = f_{ysc} \cdot A_{sc} = 2500 \times 42,75 = 106875 \text{ kg}$$

$$\phi P_{ysc} = 0,9 \times 106875 = 96187,5 \text{ kg}$$

- Kekuatan tekan mortar

$$C_{maks} = \phi f_c' \cdot A_c = 0,9 \times 300 \times 432,49$$

$$= 116772,3 \text{ kg}$$

Kontrol :

- Syarat 1 ; $T_{maks} \geq P_n$
 $T_{maks} = 131456,25 \text{ kg} > P_n = 96187,5 \text{ kg} \quad \dots \text{OK}$
- Syarat 2 ; $T_{maks} \geq P_{ysc}$
 $T_{maks} = 131456,25 \text{ kg} > P_{ysc} = 106875 \text{ kg} \quad \dots \text{OK}$
- Syarat 3 ; $C_{maks} \geq P_{ysc}$
 $C_{maks} = 116772,3 \text{ kg} > P_{ysc} = 106875 \text{ kg} \quad \dots \text{OK}$
- Syarat 4 ; $C_{maks} \leq 1,3 T_{maks}$
 $C_{maks} = 116772,3 \text{ kg} < 1,3 T_{maks} = 170893,125 \text{ kg} \quad \dots \text{OK}$

Hasil kontrol BRB di atas membuktikan bahwa BRB tidak mengalami *fracture*, BRB memiliki kestabilan, dan tidak ada degradasi kekuatan sehingga BRB aman untuk digunakan.

- d. Perhitungan faktor *adjusted brace strength* (ω dan β)

Diketahui :

$$P_{ysc} = 106875 \text{ kg}$$

$$L = 6,0208 \text{ m} = 602,08 \text{ cm}$$

$$Cd = 5$$

Panjang segmen leleh dari bresing yaitu :

$$L_{yz} = 0,7 \times L$$

$$= 0,7 \times 602,08$$

$$= 421,456 \text{ cm}$$

Perhitungan simpangan antar rantai elastic (Δ_{bx}) :

$$\Delta_{bx} = \frac{P_u \times L_{yz}}{E \times A_{sc}} = \frac{38165,07 \times 421,456}{2 \times 10^6 \times 42,75} = 0,188$$

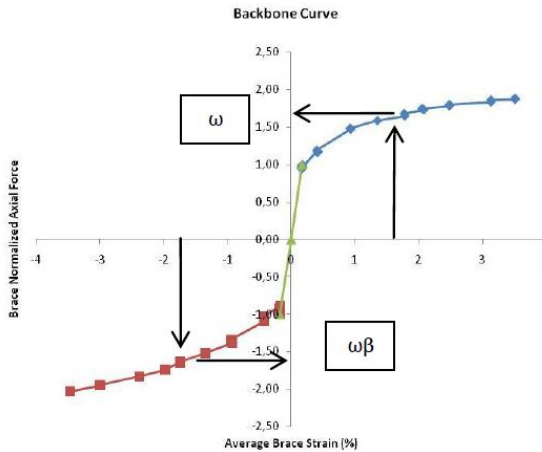
Selanjutnya menentukan deformasi berdasarkan simpangan antar rantai desain dalam kondisi inelastik yang direncanakan (Δ_{bm}) sebagai berikut :

$$\Delta_{bm} = Cd \cdot \Delta_{bx} = 5 \times 0,188 = 0,94$$

Sehingga didapat regangan BRB rata-rata (ϵ_{BRB}) :

$$\epsilon_{BRB} = \frac{2,0 \times \Delta_{bm}}{L_{yz}} = \frac{2 \times 0,94}{421,456} = 0,00446$$

Penentuan faktor *adjusted brace strength* dihitung berdasarkan persamaan grafik *backbone curve* yang didapat dari hasil uji bresing tahan tekuk di Universitas California sebagai berikut :



Gambar 4.46 *Backbone Curve*

Dari *backbone curve* tersebut didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$\omega = 26,798 \cdot \epsilon_{BRB} + 1,0333$$

$$\omega\beta = -45,18 \cdot \epsilon_{BRB} - 0,7691$$

Sehingga didapat :

$$\begin{aligned}\omega &= 26,798 \cdot 0,00446 + 1,0333 \\ &= 1,153 \\ \omega\beta &= -45,18 \cdot 0,00446 - 0,7691 \\ &= -0,97\end{aligned}$$

e. Perhitungan *adjusted brace strength*

Berdasarkan faktor ω dan β dapat ditentukan kapasitas kuat tekan dan tarik bresing sebagai berikut :

Kuat tarik

$$\begin{aligned}\omega \cdot R_y \cdot P_{ysc} &= 1,153 \times 1,5 \times 106875 \\ &= 184827,4227 \text{ kg}\end{aligned}$$

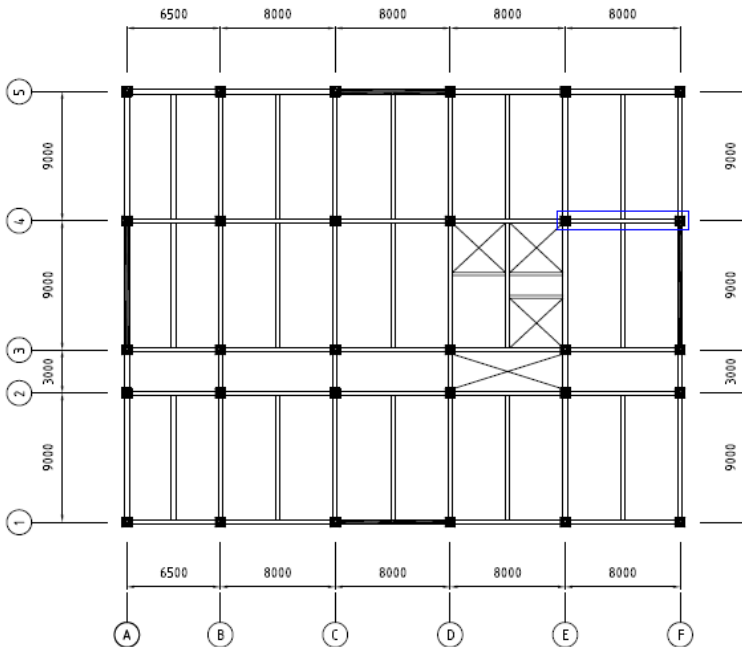
Kuat tekan

$$\begin{aligned}\omega \cdot \beta \cdot R_y \cdot P_{ysc} &= -0,97 \times 1,5 \times 106875 \\ &= -179430,29 \text{ kg}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas membuktikan bahwa BRB memenuhi semua persyaratan dan diperoleh kapasitas tekan hampir sama dengan kapasitas tarik. Hal ini menandakan bahwa desain sudah memenuhi syarat untuk menjadikan elemen struktur BRB dapat mencegah terjadinya tekuk.

4.4.4 Perencanaan Balok Induk Beton

Dalam subbab *preliminary design* sudah ditentukan dimensi dari balok induk beton yaitu 50/75 cm. Pada subbab ini akan dibahas perencanaan penulangan balok induk beton. Balok anak yang ditinjau pada contoh perhitungan dapat dilihat pada Gambar 4.47 berikut :



Gambar 4.47 Balok Induk yang Ditinjau Pada Lantai 1

- Data perencanaan

Mutu beton (f'_c) = 30 MPa

Mutu tulangan (f_y) = 420 MPa

Selimut beton = 40 mm

b = 500 mm

h = 750 mm

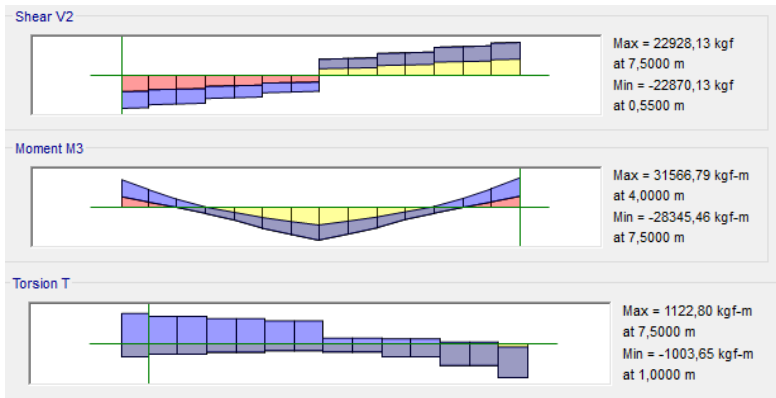
d = $h - \text{selimut} - 0,5 d_{\text{longitudinal}} - d_{\text{transversal}}$
 $= 750 - 40 - 0,5 \times 19 - 0,5 \times 13$
 $= 677,5 \text{ mm}$

d' = $\text{selimut} + 0,5 d_{\text{longitudinal}} - d_{\text{transversal}}$
 $= 50 - 0,5 \times 19 - 0,5 \times 13$
 $= 72,5 \text{ mm}$

β_1 = $0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7}$
 $= 0,85 - 0,05 \frac{(30 - 28)}{7} = 0,7643$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,764 \times 30}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0364 \\ \rho_{maks} &= 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0364 = 0,0273 \\ \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033 ; \text{ atau} \\ \rho_{min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} = 0,0038 \\ \rho_{min} \text{ digunakan} &= 0,0038 \\ m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 12,352 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil dari analisis program bantu ETABS 2016 didapatkan gaya dalam balok induk beton sebagai berikut :



Gambar 4.48 Gaya Dalam Balok Induk Beton

$$\begin{aligned} V_u \text{ tumpuan} &= 22928,13 \text{ kg} \\ M_u \text{ tumpuan} &= 28345,5 \text{ kg} \\ M_u \text{ lapangan} &= 31566,8 \text{ kg} \\ T_u &= 1122,8 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Perhitungan tulangan tumpuan

$$Mu = 28345,6 \text{ kgm} = 283455000 \text{ Nmm}$$

$$\phi = 0,9$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{283455000}{0,9} = 314950000 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{314950000}{400 \times 690,5^2} = 1,321$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{16,47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 1,321}{420}} \right) \\ &= 0,00323 < \rho_{\text{min}} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0033$$

$$\begin{aligned} As_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,0033 \times 400 \times 690,5 \\ &= 1150,83 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{As_{\text{perlu}}}{As} = \frac{1150,83}{283,529} = 4,05 \approx 5 \text{ buah}$$

Maka digunakan tulangan tumpuan 5D19

- Perhitungan tulangan lapangan

$$Mu = 31566,8 \text{ kgm} = 315668000 \text{ Nmm}$$

$$\phi = 0,9$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{315668000}{0,9} = 350742222,22 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{350742222,22}{400 \times 690,5^2} = 1,471$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{16,47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 1,471}{420}} \right) \\ &= 0,0036 > \rho_{\text{min}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,0036 \times 400 \times 690,5 \\ &= 1246 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{As_{\text{perlu}}}{As} = \frac{1246}{283,529} = 4,39 \approx 5 \text{ buah}$$

Maka digunakan tulangan tumpuan 5D19

- Perhitungan tulangan geser

$$V_u = 22928,13 \text{ kg} = 229281,3 \text{ N}$$

$$\emptyset = 0,75$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times b \times d \times \sqrt{f'c} \\ &= \frac{1}{6} \times 400 \times 690,5 \times \sqrt{30} \\ &= 315168,6883 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_c = 236376,5162 \text{ N} > V_u,$$

Maka digunakan tulangan sengkang minimum.

$$S_{maks} = \frac{d}{2} = \frac{690,5}{2} = 345,25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{A_s \times f_y}{0,062 \times b \times \sqrt{f'c}} = \frac{78,54 \times 420}{0,062 \times 400 \times \sqrt{30}} \\ &= 194,27 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{A_s \times f_y}{0,35 \times b} = \frac{78,54 \times 420}{0,35 \times 400} \\ &= 188,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{pakai} = 180 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan geser D10-180

- Perhitungan tulangan torsi (samping)

Cek kebutuhan tulangan torsi

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.5.2.2 kebutuhan tulangan torsi dapat diabaikan jika :

$$T_u < \emptyset \times 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana :

$$\emptyset = 0,75$$

$$\lambda = 1 \text{ (beton normal)}$$

$$A_{cp}^2 = (500 \times 750)^2 = 140625000000 \text{ mm}^4$$

$$P_{cp} = 2 \times (500 \times 750) = 750000 \text{ mm}^2$$

Maka :

$$T_u = 1122,8 \text{ kgm} = 11003440 \text{ Nmm}$$

$$11003440 \text{ Nmm} < 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \left(\frac{140625000000}{750000} \right)$$

$$11003440 \text{ Nmm} > 254177,5 \text{ Nmm}$$

Jadi, balok memerlukan tulangan torsi (samping)

Cek dimensi penampang untuk menahan torsi terfaktor
Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.1 dimensi penampang harus memenuhi :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b \times d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 \times A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b \times d} + 0,66 \times \sqrt{f'c}\right)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} bh &= b - 2 \times \text{selimut} - d_{\text{transversal}} \\ &= 500 - 2 \times 40 - 10 \\ &= 410 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} hh &= h - 2 \times \text{selimut} - d_{\text{transversal}} \\ &= 750 - 2 \times 40 - 10 \\ &= 660 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ph &= 2 \times (bh + hh) \\ &= 2 \times (410 + 660) \\ &= 2140 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{oh} &= bh \times hh \\ &= 410 \times 660 \\ &= 270600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\ &= 0,17 \times \sqrt{30} \times 500 \times 690,5 \\ &= 321472,0621 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} &\sqrt{\left(\frac{229281,3}{500 \times 690,5}\right)^2 + \left(\frac{2140}{1,7 \times 270600^2}\right)^2} = 0,664 \\ &0,75 \left(\frac{321472,0621}{500 \times 690,5} + 0,66 \times \sqrt{30}\right) = 3,41 \\ &0,664 < 3,41 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Perhitungan nilai A_v/s

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.6 perhitungan tulangan transversal penahan torsi adalah sebagai berikut :

$$A_o = 0,85 \times A_{oh} = 0,85 \times 270600 = 230010 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_t/s &= \frac{T_u}{\frac{\emptyset \times 2 \times A_o \times f_y \times \cot \theta}{11003440}} \\
 &= \frac{0,75 \times 2 \times 230010 \times 420 \times \cot 45^\circ}{11003440} \\
 &= 0,123 \text{ mm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan kebutuhan tulangan torsi :

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \frac{A_t}{s} \times P_h \times \frac{f_y}{f_y} \times \cot^2 \theta \\
 &= 0,123 \times 2140 \times \cot^2 45^\circ \\
 &= 100,323 \text{ mm}^2 \\
 A_{1\min} &= \frac{0,42 \times \sqrt{f'c} \times A_{cp}}{f_y} - \frac{A_t}{s} \times P_h \times \frac{f_y}{f_y} \\
 &= \frac{0,42 \times \sqrt{30} \times 375000}{420} - 0,123 \times 2140 \\
 &= 1790,74 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Karena $A_1 < A_{1\min}$, maka dipakai $1790,74 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan torsi didistribusikan merata ke-4 sisi balok :

$$A_1/4 = \frac{1790,74}{4} = 447,69 \text{ mm}^2$$

Direncanakan $d_{\text{torsi}} = 19 \text{ mm}$

$$A_s = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s} = \frac{1790,74}{447,69} = 1,58 \approx 2 \text{ buah/sisi}$$

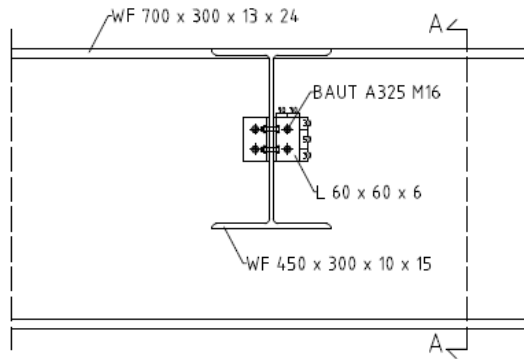
Maka, digunakan tulangan torsi 4D19

4.5 Perencanaan Sambungan

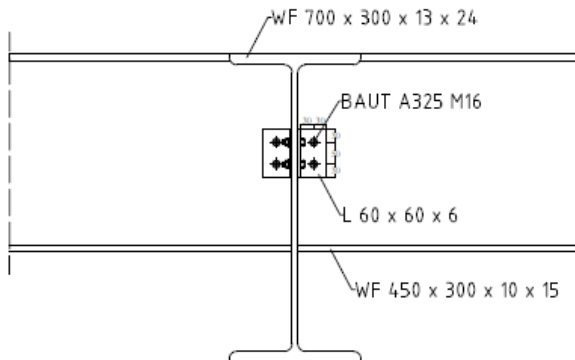
4.5.1 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak Atap

Sambungan balok induk dengan balok anak menggunakan tipe sambungan *simple connection*. Sambungan ini didesain hanya menerima beban geser dari balok anak.

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak atap dengan bentang 9 m sebesar 11810,592 kg, dengan dimensi balok anak WF 450 x 300 x 10 x 15 dan dimensi balok induk WF 700 x 300 x 13 x 24. Sambungan ini direncanakan menggunakan pelat dari profil siku 60 x 60 x 6 dengan baut ukuran M16 ; $A_b = 2,011 \text{ cm}^2$.



Gambar 4.49 Sambungan Pada Badan Balok Anak Atap



Gambar 4.50 Sambungan Pada Badan Balok Induk Atap

- Sambungan pada badan balok anak

Mutu baut = A325

$F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$ (SNI 1729:2015 Tabel J3.2)

Kuat geser baut :

$$\begin{aligned}\phi \cdot V_n &= \phi \times F_{nv} \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 4570 \times 2,011 \cdot 2 \\ &= 13782,79 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut :

$$\phi \cdot R_n = \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,6 \times 4100 \\
 &= 7084,8 \text{ kg} \rightarrow \text{menentukan} \\
 n &= \frac{11810,592}{7084,8} = 1,667 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Maka dipasang baut M16 sebanyak 2 buah

- Sambungan pada badan balok induk

Mutu baut = A325

$F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$ (SNI 1729:2015 Tabel J3.2)

Kuat geser baut :

$$\begin{aligned}
 \emptyset \cdot V_n &= \emptyset \times F_{nv} \times A_b \times m \\
 &= 0,75 \times 4570 \times 2,011 \cdot 2 \\
 &= 13782,79 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut :

$$\begin{aligned}
 \emptyset \cdot R_n &= \emptyset \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,6 \times 4100 \\
 &= 7084,8 \text{ kg} \rightarrow \text{menentukan}
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{11810,592}{7084,8} = 1,667 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Maka dipasang baut M16 sebanyak 2 buah

- Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak ke tepi} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 24 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 30 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak ke tepi} &= 1,25d_b \text{ s/d } 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 20 \text{ mm s/d } 72 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

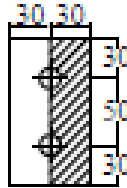
$$\text{Pakai S2} = 30 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar baut} &= 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 48 \text{ mm s/d } 90 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S} = 50 \text{ mm}$$

- Kontrol kekuatan pelat siku penyambung
Dipakai siku penyambung 60 x 60 x 6

BJ 41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)
 $\varnothing_{\text{lubang}} = 16 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)}$
 $= 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}$



Gambar 4.51 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak Atap

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_p = 11 \times 0,6 = 6,6 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - 2 \times t_p \times \varnothing_{\text{lubang}} \\ &= 6,6 - 2 \times 0,6 \times 1,75 \\ &= 4,5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat leleh :

$$\begin{aligned} P_u &= \varnothing \times A_g \times f_y \\ &= 0,9 \times 6,6 \times 2500 = 14850 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat putus :

$$\begin{aligned} P_u &= \varnothing \times A_n \times f_u \\ &= 0,75 \times 4,5 \times 4100 = 13837,5 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Terdapat 2 siku sehingga :

$$2P_u = 2 \times 13837,5 = 27675 \text{ kg}$$

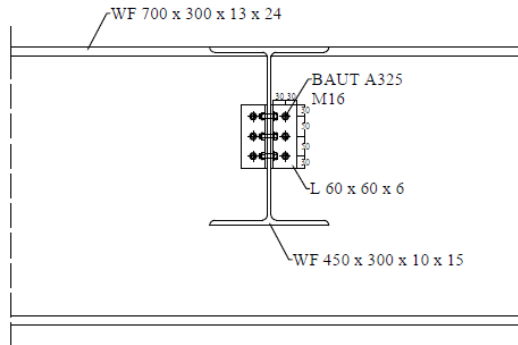
$$V_u < 2P_u \rightarrow 11810,592 \text{ kg} < 27675 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

4.5.2 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak Lantai

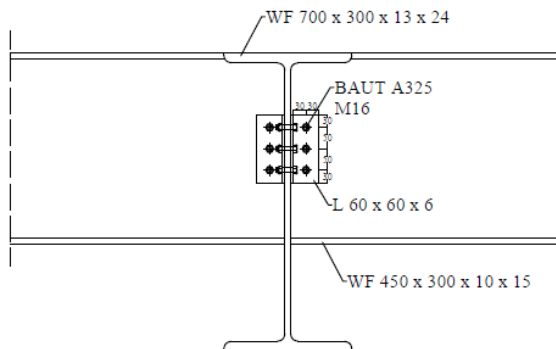
Sambungan balok induk dengan balok anak menggunakan tipe sambungan *simple connection*. Sambungan ini didesain hanya menerima beban geser dari balok anak.

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak lantai dengan bentang 9 m sebesar 15004,4 kg, dengan dimensi balok anak WF 450 x 300 x 10 x 15 dan dimensi balok induk WF 700 x 300 x 13 x 24. Sambungan ini

direncanakan menggunakan pelat dari profil siku 60 x 60 x 6 dengan baut ukuran M16 ; $A_b = 2,011 \text{ cm}^2$.



Gambar 4.52 Sambungan Pada Badan Balok Anak Lantai



Gambar 4.53 Sambungan Pada Badan Balok Induk Lantai

- Sambungan pada badan balok anak

Mutu baut = A325

$F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$ (SNI 1729:2015 Tabel J3.2)

Kuat geser baut :

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_n &= \phi \times F_{nv} \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 4570 \times 2,011 \cdot 2 \\ &= 13782,79 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut :

$$\begin{aligned}\emptyset \cdot R_n &= \emptyset \times 2,4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,6 \times 4100 \\ &= 7084,8 \text{ kg} \rightarrow \text{menentukan}\end{aligned}$$

$$n = \frac{15004,4}{7084,8} = 2,118 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

Maka dipasang baut M16 sebanyak 3 buah

- Sambungan pada badan balok induk

Mutu baut = A325

$F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$ (SNI 1729:2015 Tabel J3.2)

Kuat geser baut :

$$\begin{aligned}\emptyset \cdot V_n &= \emptyset \times F_{nv} \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 4570 \times 2,011 \cdot 2 \\ &= 13782,79 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut :

$$\begin{aligned}\emptyset \cdot R_n &= \emptyset \times 2,4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,6 \times 4100 \\ &= 7084,8 \text{ kg} \rightarrow \text{menentukan}\end{aligned}$$

$$n = \frac{15004,4}{7084,8} = 2,118 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

Maka dipasang baut M16 sebanyak 3 buah

- Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 24 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S1 = 30 \text{ mm}$$

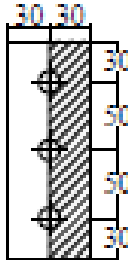
$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 1,25db \text{ s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 20 \text{ mm s/d } 72 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S2 = 30 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 48 \text{ mm s/d } 90 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S = 50 \text{ mm}$$

- Kontrol kekuatan pelat siku penyambung
 Dipakai siku penyambung 60 x 60 x 6
 BJ 41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)
 $\varnothing_{\text{lubang}} = 16 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm}$ (lubang dibuat dengan bor)
 $= 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}$



Gambar 4.54 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak Lantai

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_p = 16 \times 0,6 = 9,6 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - 3 \times t_p \times \varnothing_{\text{lubang}} \\ &= 9,6 - 3 \times 0,6 \times 1,75 \\ &= 6,45 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat leleh :

$$\begin{aligned} P_u &= \varnothing \times A_g \times f_y \\ &= 0,9 \times 9,6 \times 2500 = 21600 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat putus :

$$\begin{aligned} P_u &= \varnothing \times A_n \times f_u \\ &= 0,75 \times 6,45 \times 4100 = 19833,75 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Terdapat 2 siku sehingga :

$$2P_u = 2 \times 19833,75 = 39667,5 \text{ kg}$$

$$V_u < 2P_u \rightarrow 15004,4 \text{ kg} < 39667,5 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

4.5.3 Sambungan Balok Bordes dengan Balok Penumpu Tangga

Sambungan balok bordes dengan balok penumpu tangga direncanakan sebagai perletakan rol. Sehingga, dimensi balok

utama tangga WF 250 x 125 x 5 x 8 berada di atas balok penumpu tangga WF 250 x 125 x 5 x 8.

Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga. Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok utama tangga sebesar $V_u = 3722,21$ kg. Sambungan ini direncanakan menggunakan baut ukuran M12 ($A_b = 1,131 \text{ cm}^2$) dengan lubang slot sebesar $2,5d_b = 30 \text{ mm}$.

- Kekuatan sambungan

Mutu baut = A325

$F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$ (SNI 1729:2015 Tabel J3.2)

Kuat geser baut :

$$\begin{aligned}\phi \cdot V_n &= \phi \times F_{nv} \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 4570 \times 1,131 \times 1 \\ &= 3876,41 \text{ kg} \rightarrow \text{menentukan}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut :

$$\begin{aligned}\phi \cdot R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,8 \times 4100 \\ &= 7084,8 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{3722,21}{3876,41} = 0,9602 \text{ buah} \approx 1 \text{ buah}$$

Maka dipasang baut M12 sebanyak 4 buah

- Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 132 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S1 = 20 \text{ mm}$$

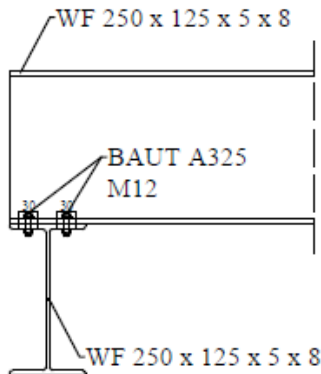
$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 1,25d_b \text{ s/d } 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 15 \text{ mm s/d } 96 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S2 = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &= 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S = 40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Lubang slot} &= 2,5 \times db \\ &= 2,5 \times 1,2 = 3 \text{ cm} = 30 \text{ mm}\end{aligned}$$



Gambar 4.55 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

- Kontrol kekuatan pelat penyambung
 BJ 41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)
 $\phi_{\text{lubang}} = 2,5 \times 16 \text{ mm (lubang slot baut)}$
 $= 30 \text{ mm} = 3 \text{ cm}$

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_p = 12,4 \times 0,8 = 9,92 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}A_n &= A_g - 2 \times t_p \times \phi_{\text{lubang}} \\ &= 9,92 - 2 \times 0,8 \times 3 \\ &= 5,12 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Kuat leleh :

$$\begin{aligned}P_u &= \phi \times A_g \times f_y \\ &= 0,9 \times 9,92 \times 2500 = 22320 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat putus :

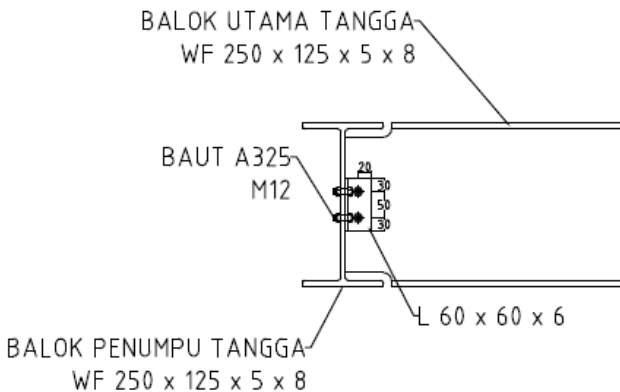
$$\begin{aligned}P_u &= \phi \times A_n \times f_u \\ &= 0,75 \times 5,12 \times 4100 = 15744 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

$$V_u < P_u \rightarrow 3722,21 \text{ kg} < 15744 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

4.5.4 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga direncanakan sebagai perletakan sendi. Sehingga, dimensi balok penumpu tangga WF 250 x 125 x 5 x 8 menyambung tepat di badan balok utama tangga WF 250 x 125 x 5 x 8.

Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga. Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok utama tangga sebesar $V_u = 3722,21$ kg. Sambungan ini direncanakan menggunakan baut ukuran M12 ($A_b = 1,131$ cm²) dengan pelat sambung dari profil siku 60 x 60 x 6.



Gambar 4.56 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

- Sambungan pada badan balok penumpu tangga
 Mutu baut = A325
 $F_{nv} = 4570$ kg/cm² (SNI 1729:2015 Tabel J3.2)
 Kuat geser baut :
 $\phi \cdot V_n = \phi \cdot F_{nv} \times A_b \times m$
 $= 0,75 \times 4570 \times 1,131 \cdot 2$
 $= 7752,8$ kg
 Kuat tumpu baut :
 $\phi \cdot R_n = \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,6 \times 4100 \\
 &= 5313,6 \text{ kg} \rightarrow \text{menentukan} \\
 n &= \frac{3722,21}{5313} = 0,7 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah} \\
 &\text{Maka dipasang baut M12 sebanyak 2 buah}
 \end{aligned}$$

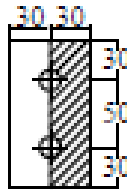
- Sambungan pada badan balok utama tangga
 Mutu baut = A325
 $F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$ (SNI 1729:2015 Tabel J3.2)
 Kuat geser baut :
 $\begin{aligned} \emptyset \cdot V_n &= \emptyset \times F_{nv} \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 4570 \times 1,131 \cdot 2 \\ &= 7752,8 \text{ kg} \end{aligned}$
 Kuat tumpu baut :
 $\begin{aligned} \emptyset \cdot R_n &= \emptyset \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,6 \times 4100 \\ &= 5313,6 \text{ kg} \rightarrow \text{menentukan} \\ n &= \frac{11810,592}{7084,8} = 0,7 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah} \\ &\text{Maka dipasang baut M12 sebanyak 2 buah} \end{aligned}$

- Kontrol jarak baut
 Jarak ke tepi = 1,5db s/d (4tp + 100) atau 200 mm
 = 24 mm s/d 124 mm
 Pakai S1 = 30 mm

 Jarak ke tepi = 1,25db s/d 12tp atau 150 mm
 = 20 mm s/d 72 mm
 Pakai S2 = 30 mm

 Jarak antar baut = 3db s/d 15tp atau 200 mm
 = 48 mm s/d 90 mm
 Pakai S = 50 mm
- Kontrol kekuatan pelat siku penyambung
 Dipakai siku penyambung 60 x 60 x 6

$$\begin{aligned}
 \text{BJ 41} & \quad (f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2) \\
 \varnothing_{\text{lubang}} & = 12 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\
 & = 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.57 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak Atap

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_p = 11 \times 0,6 = 6,6 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_n & = A_g - 2 \times t_p \times \varnothing_{\text{lubang}} \\
 & = 6,6 - 2 \times 0,6 \times 1,35 \\
 & = 4,98 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat leleh :

$$\begin{aligned}
 P_u & = \varnothing \times A_g \times f_y \\
 & = 0,9 \times 6,6 \times 2500 = 14850 \text{ kg (menentukan)}
 \end{aligned}$$

Kuat putus :

$$\begin{aligned}
 P_u & = \varnothing \times A_n \times f_u \\
 & = 0,75 \times 4,98 \times 4100 = 15314 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Terdapat 2 siku sehingga :

$$2P_u = 2 \times 14850 = 29700 \text{ kg}$$

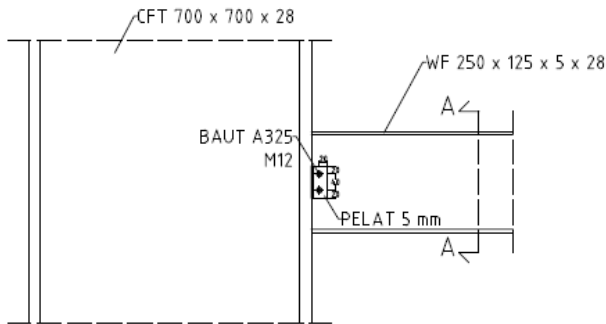
$$V_u < 2P_u \rightarrow 3722,21 \text{ kg} < 29700 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

4.5.5 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

Sambungan balok penumpu tangga dengan kolom merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok penumpu tangga.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok penumpu tangga sebesar $V_u = 7279,15 \text{ kg}$. Sambungan ini direncanakan menggunakan baut ukuran M12 ($A_b = 1,131 \text{ cm}^2$) dengan pelat sambung ($t_p = 5 \text{ mm}$). Sambungan ini

juga menggunakan las sudut mutu F_{E70xx} untuk sambungan pelat dengan kolom.



Gambar 4.58 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

- Sambungan plat sambung dengan balok penumpu tangga
Mutu baut = A325

$$F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2 \text{ (SNI 1729:2015 Tabel J3.2)}$$

Kuat geser baut :

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_n &= \phi \times F_{nv} \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 4570 \times 1,131 \cdot 2 \\ &= 7752,82 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut :

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,5 \times 4100 \\ &= 4428 \text{ kg} \rightarrow \text{menentukan} \end{aligned}$$

$$n = \frac{7279,15}{4428} = 1,64 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Maka dipasang baut M12 sebanyak 2 buah

- Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 1,25d_b \text{ s/d } 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 15 \text{ mm s/d } 60 \text{ mm} \end{aligned}$$

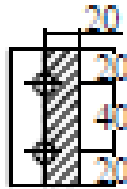
$$\text{Pakai S2} = 20 \text{ mm}$$

Jarak antar baut = $3db$ s/d $15tp$ atau 200 mm

= 36 mm s/d 75 mm

Pakai S = 40 mm

- Kontrol kekuatan plat sambung
 Tebal pelat penyambung (tp) = 5 mm
 BJ 41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)
 $\varnothing_{\text{lubang}} = 12 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm}$ (lubang dibuat dengan bor)
 = 13,5 mm = 1,35 cm



Gambar 4.59 Detail Pelat Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

Luas bidang geser

$$A_g = L \times tp = 8 \times 0,5 = 4 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - 2 \times tp \times \varnothing_{\text{lubang}} \\ &= 4 - 2 \times 0,5 \times 1,35 \\ &= 2,65 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat leleh :

$$\begin{aligned} P_u &= \varnothing \times A_g \times f_y \\ &= 0,9 \times 4 \times 2500 = 9000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat putus :

$$\begin{aligned} P_u &= \varnothing \times A_n \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,65 \times 4100 = 8148,8 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$V_u < P_u \rightarrow 7279,15 \text{ kg} < 8148,8 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

- Sambungan kolom dengan plat sambung
 Misal $te = 1 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} L_{\text{plat}} &= 8 \text{ cm} \\ \text{Mutu las} &= F_{E70XX} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{we}} &= t_e \times L_{\text{plat}} \\ &= 1 \times 8 = 8 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Akibat beban geser sentris :

$$f_v = \frac{P_u}{A} = \frac{7279,15}{8} = 909,89 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi F_{nw} &= 0,75 \times 0,6 \times F_{E70XX} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3 = 2214,45 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$t_e = \frac{f_v}{F_{nw}} = \frac{909,89}{2214,45} = 0,411 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,411}{0,707} = 0,5812 \text{ cm}$$

$$a_{\text{min}} = 3 \text{ mm untuk } t_p < 6 \text{ mm}$$

$$a_{\text{maks}} = 5 \text{ mm untuk } t_p < 6,4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a_{\text{eff maks}} &= 1,41 \times \frac{f_u}{F_{EXX}} \times t_p = 1,41 \times \frac{4100}{70 \times 70,3} \times 0,5 \\ &= 0,59 \text{ cm} = 5,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan las sudut dengan $a = 5 \text{ mm}$

4.5.6 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Sambungan balok induk dengan kolom direncanakan menggunakan sambungan kaku (*rigid connection*) dimana tumpuan pada balok induk terletak sebagai tumpuan yang diberi pelat pengaku.

- Data perencanaan

$$\text{Balok Induk} = \text{WF } 700 \times 300 \times 13 \times 24 \text{ (BJ 41)}$$

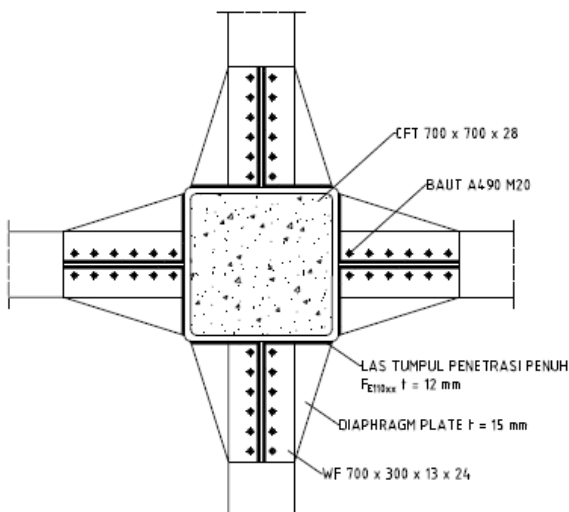
$$\text{Kolom} = \text{CFT } 700 \times 700 \times 28 \text{ (BJ 41)}$$

$$\text{Mutu baut} = \text{A490}$$

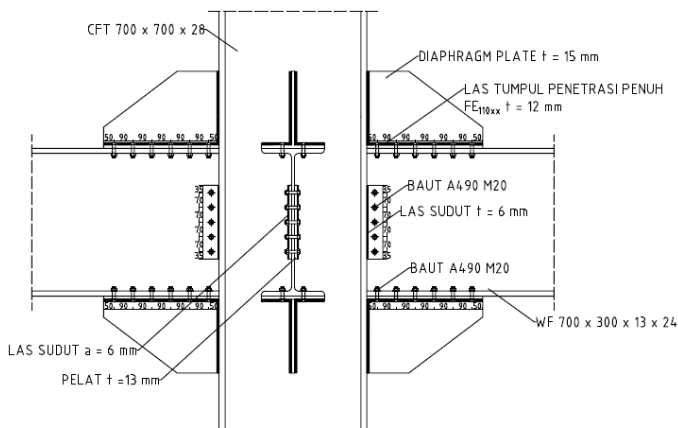
$$d_b = \text{M22}$$

$$A_b = 3,801 \text{ cm}^2$$

$$F_{nv} = 5790 \text{ kg/cm}^2$$



Gambar 4.60 Tampak Atas Sambungan Balok Induk dengan Kolom



Gambar 4.61 Tampak Samping Sambungan Balok Induk dengan Kolom

- Perhitungan gaya geser pada sambungan

Akibat kapasitas balok induk :

$$\begin{aligned} \text{Mu}^* &= 1,1 \times R_y \times Z_x \times f_y \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 6249 \times 2500 \\ &= 25777125 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vu}_1 &= 2 \times \text{Mu}/L \\ &= 2 \times 25777125/800 \\ &= 64442,8125 \text{ kg} \end{aligned}$$

Akibat beban kombinasi :

Dari analisis ETABS 2016 diperoleh Vu akibat beban kombinasi adalah sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Vu}_2 &= 26213 \text{ kg} \\ \text{Vu}_{\text{total}} &= 64442,8125 + 26213 = 90655,8125 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Sambungan geser pada badan balok

Kekuatan sambungan :

$$\begin{aligned} \text{Mutu baut} &= A490 \\ F_{nv} &= 5790 \text{ kg/cm}^2 \text{ (SNI 1729:2015 Tabel J3.2)} \\ t_p &= 13 \text{ mm} = 1,3 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kuat geser baut :

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot V_n &= \emptyset \times F_{nv} \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 5790 \times 3,801 \cdot 2 \\ &= 33014,53 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut :

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot R_n &= \emptyset \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,2 \times 1,3 \times 4100 \\ &= 21106,8 \text{ kg} \rightarrow \text{menentukan} \\ n &= \frac{90655,8125}{21106,8} = 4,295 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka dipasang baut M22 sebanyak 5 buah

Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 33 \text{ mm s/d } 152 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S_1 = 35 \text{ mm}$$

Jarak ke tepi = 1,25db s/d 12tp atau 150 mm
 = 27,5 mm s/d 150 mm

Pakai S2 = 35 mm

Jarak antar baut = 3db s/d 15tp atau 200 mm
 = 66 mm s/d 195 mm

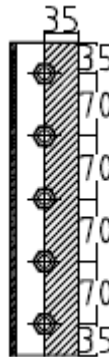
Pakai S = 70 mm

Kontrol kekuatan plat sambung :

Tebal pelat penyambung (tp) = 13 mm

BJ 41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

$\varnothing_{\text{lubang}} = 22 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm}$ (lubang dibuat dengan bor)
 = 23,5 mm = 2,35 cm



Gambar 4.62 Detail Pelat Sambung Pada Badan Balok Induk

Luas bidang geser

$$A_g = L \times tp = 35 \times 1,3 = 45,5 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - 5 \times tp \times \varnothing_{\text{lubang}} \\ &= 45,5 - 5 \times 1,3 \times 2,35 \\ &= 30,225 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat leleh :

$$\begin{aligned} P_u &= \varnothing \times A_g \times f_y \\ &= 0,9 \times 45,5 \times 2500 = 102375 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat putus :

$$\begin{aligned}
 P_u &= \phi \times A_n \times f_u \\
 &= 0,75 \times 30,225 \times 4100 \\
 &= 92941,875 \text{ kg (menentukan)} \\
 V_u &< P_u \rightarrow 90655,8125 \text{ kg} < 92941,875 \text{ kg} \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

- Sambungan geser pada kolom
 Direncanakan menggunakan las sudut dengan $t_p = 13 \text{ mm}$
 dengan panjang 350 mm.
 Misal $t_e = 1 \text{ cm}$
 $L_{\text{plat}} = 35 \text{ cm}$
 Mutu las $= F_{E110xx}$

$$\begin{aligned}
 A_w &= 2 \times t_e \times L_{\text{plat}} \\
 &= 2 \times 1 \times 35 = 70 \text{ cm}^2 \\
 S &= \frac{d^2}{3} = \frac{35^2}{3} = 408,33 \text{ cm}^3 \\
 P_u &= 90655,8125 \text{ kg} \\
 M_u &= S_2 \times P_u \\
 &= 3,5 \times 90655,8125 = 317295,3438 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

Akibat P_u :

$$f_v = \frac{P_u}{A} = \frac{90655,8125}{70} = 1295,08 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat M_u :

$$f_h = \frac{M_u}{S} = \frac{317295,3438}{408,33} = 777,05 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 f_{\text{total}} &= \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{1295,08^2 + 777,05^2} \\
 &= 1510,31 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi F_{nw} &= 0,75 \times 0,6 \times F_{E110XX} \\
 &= 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 = 3479,85 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$t_e = \frac{f_{\text{total}}}{F_{nw}} = \frac{1510,31}{3479,85} = 0,434 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,434}{0,707} = 0,6139 \text{ cm}$$

$$a_{\text{min}} = 5 \text{ mm untuk } t_p = 13 \text{ mm}$$

$$a_{\text{maks}} = 11,4 \text{ mm untuk } t_p > 6,4 \text{ mm}$$

$$a_{\text{eff maks}} = 1,41 \times \frac{f_u}{F_{EXX}} \times t_p = 1,41 \times \frac{4100}{110 \times 70,3} \times 1,3$$

$$= 0,972 \text{ cm} = 9,72 \text{ mm}$$

Maka digunakan las sudut dengan $a = 6 \text{ mm}$

- Sambungan *diaphragm plate* dengan kolom
Direncanakan menggunakan sambungan las tumpul penetrasi penuh F_{E110xx} dengan tebal 1,2 cm dan tebal *diaphragm plate* 15 mm dengan mutu BJ 41

Gaya tarik akibat M_u :

$$T = \frac{M_u}{d_{balok}} = \frac{25777125}{70} = 368244,643 \text{ kg}$$

Kekuatan rencana las tumpul :

$$t_e = 1,2 \text{ cm}$$

$$F_{yw} = 110 \times 70,3 = 7733 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_{u_{las}} &= \emptyset \times 0,9 \times F_{yw} \times t_e \\ &= 0,75 \times 0,9 \times 7733 \times 1,2 \\ &= 6263,7 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{u_{baja}} &= \emptyset \times 0,9 \times f_u \times t_p \\ &= 0,75 \times 0,9 \times 4100 \times 1,5 \\ &= 4151,25 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{menentukan} \end{aligned}$$

Luas las tumpul :

$$\begin{aligned} A_{we} &= t_e \cdot l_w \\ &= 1,2 \cdot 75 = 90 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi akibat beban tarik

$$f_{total} = \frac{T}{A_{we}} = \frac{368244,643}{90} = 4091,61 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} < f_{u_{baja}} \rightarrow 4091,61 \text{ kg/cm}^2 < 4151,25 \text{ cm}^2 \text{ (OK)}$$

- Sambungan *diaphragm plate* dengan sayap balok

Kekuatan sambungan :

$$\text{Mutu baut} = A490$$

$$F_{nv} = 5790 \text{ kg/cm}^2 \text{ (SNI 1729:2015 Tabel J3.2)}$$

$$t_p = 15 \text{ mm} = 1,5 \text{ cm}$$

Kuat geser baut :

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot V_n &= \emptyset \times F_{nv} \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 5790 \times 3,801 \cdot 1 \\ &= 16507,263 \text{ kg} \rightarrow \text{menentukan} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut :

$$\begin{aligned}\phi \cdot R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,2 \times 1,5 \times 4100 \\ &= 24354 \text{ kg} \\ n &= \frac{368244,643}{16507,263} = 22,308 \text{ buah} \approx 24 \text{ buah}\end{aligned}$$

Maka dipasang baut M22 sebanyak 12 buah 2 sisi

Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 33 \text{ mm s/d } 160 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 1,25d_b \text{ s/d } 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 27,5 \text{ mm s/d } 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S2} = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &= 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 66 \text{ mm s/d } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

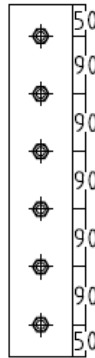
$$\text{Pakai S} = 90 \text{ mm}$$

Kontrol kekuatan plat sambung :

$$\text{Tebal } diaphragm \text{ plate } (t_p) = 15 \text{ mm}$$

$$\text{BJ 41 } (f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\begin{aligned}\phi_{\text{lubang}} &= 22 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 23,5 \text{ mm} = 2,35 \text{ cm}\end{aligned}$$



Gambar 4.63 Detail *Diaphragm Plate* Pada Sayap Balok

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_p = 55 \times 1,5 = 82,5 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - 5 \times t_p \times \phi_{\text{lubang}} \\ &= 82,5 - 6 \times 1,5 \times 2,35 \\ &= 61,35 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat leleh :

$$\begin{aligned} P_u &= \phi \times A_g \times f_y \\ &= 0,9 \times 82,5 \times 2500 = 371250 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Kuat putus :

$$\begin{aligned} P_u &= \phi \times A_n \times f_u \\ &= 0,75 \times 61,35 \times 4100 \\ &= 377302,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$T < P_u \rightarrow 368244,643 \text{ kg} < 371250 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

4.5.7 Sambungan Bresing

Sambungan bresing pada sistem BRBF Tugas Akhir ini direncanakan menggunakan baut tipe tumpu A490 dengan ukuran M22 mm ($A_b = 3,801 \text{ cm}^2$). Tebal pelat sebesar 16 mm dengan mutu BJ 41.

$$\text{Dimensi BRB} = 250 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$$

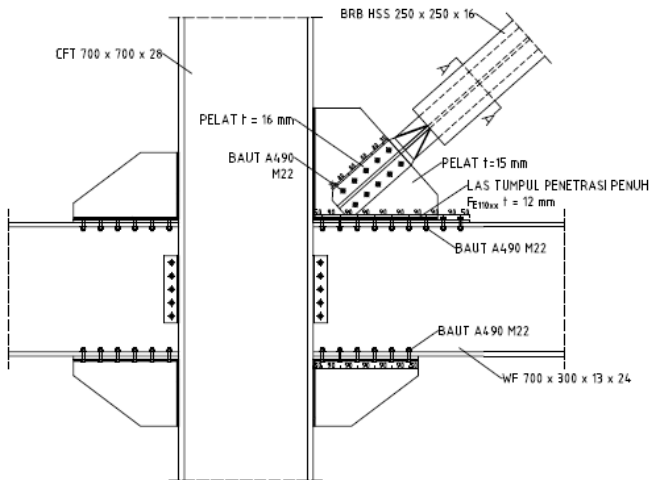
$$\text{Lebar BRB} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang baja inti} = 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Tebal baja inti} &= 15 \text{ mm} \\ A_{sc} &= 4275 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Kekuatan yang dibutuhkan sambungan pengaku

$$\begin{aligned}P_{u \text{ tekan}} &= 1,1 \beta \omega R_y P_{ysc} \\ &= 1,1 \times 1,0333 \times 0,7691 \times 1,5 \times 106875 \\ &= 140142,3 \text{ kg} \rightarrow \text{menentukan} \\ P_{u \text{ max}} &= 38165,07 \text{ kg (ETABS 2016)}\end{aligned}$$



Gambar 4.64 Sambungan Bresing dengan Kolom

- Sambungan pada baja inti (*steel core*) dengan pelat buhul
Kekuatan sambungan :

$$\begin{aligned}\text{Mutu baut} &= A490 \\ F_{nv} &= 5790 \text{ kg/cm}^2 \text{ (SNI 1729:2015 Tabel J3.2)} \\ tp &= 16 \text{ mm} = 1,6 \text{ cm} \\ \text{Kuat geser baut :} \\ \phi \cdot V_n &= \phi \times F_{nv} \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 5790 \times 3,801 \cdot 2 \\ &= 33014,53 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut :

$$\phi \cdot R_n = \phi \times 2,4 \times db \times tp \times fu$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times 2,4 \times 2,2 \times 1,6 \times 4100 \\
 &= 25977,6 \text{ kg} \rightarrow \text{menentukan} \\
 n &= \frac{140142}{25977,6} = 5,395 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Maka dipasang baut M22 sebanyak 10 buah

Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak ke tepi} &= 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 33 \text{ mm s/d } 164 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 35 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak ke tepi} &= 1,25db \text{ s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 27,5 \text{ mm s/d } 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S2} = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar baut} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 66 \text{ mm s/d } 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S} = 80 \text{ mm}$$

Kontrol kekuatan plat sambung :

Tebal pelat penyambung (tp) = 16 mm

BJ 41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

$$\begin{aligned}
 \varnothing_{\text{lubang}} &= 16 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\
 &= 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Luas bidang geser

$$A_g = L \times tp = 39 \times 1,6 = 62,4 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_n &= A_g - 2 \times tp \times \varnothing_{\text{lubang}} \\
 &= 62,4 - 2 \times 1,6 \times 1,75 \\
 &= 54,88 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat leleh :

$$\begin{aligned}
 P_u &= \varnothing \times A_g \times f_y \\
 &= 0,9 \times 62,4 \times 2500 \\
 &= 140400 \text{ kg (menentukan)}
 \end{aligned}$$

Kuat putus :

$$\begin{aligned}
 P_u &= \varnothing \times A_n \times f_u \\
 &= 0,75 \times 54,88 \times 4100
 \end{aligned}$$

$$= 168756 \text{ kg}$$

$$V_u < P_u \rightarrow 140142 \text{ kg} < 140400 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

- Sambungan pelat buhul (*gusset plate*) dengan kolom
Direncanakan menggunakan sambungan las tumpul penetrasi penuh F_{E110xx} dengan tebal 1,2 cm dan tebal pelat buhul 15 mm dengan mutu BJ 41. Dari perhitungan sambungan balok induk dengan kolom didapat gaya tarik akibat M_u sebesar 368244,643 kg.

Gaya tarik akibat P_u dari bresing :

$$T = P_u \cdot \cos(41,6^\circ)$$

$$= 140142 \times 0,7474 = 104744 \text{ kg}$$

Maka :

$$T_{\text{total}} = 368244,643 + 104744 = 472988 \text{ kg}$$

Kekuatan rencana las tumpul :

$$t_e = 1,2 \text{ cm}$$

$$F_{yw} = 110 \times 70,3 = 7733 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{u\text{las}} = \emptyset \times 0,9 \times F_{yw} \times t_e$$

$$= 0,75 \times 0,9 \times 7733 \times 1,2$$

$$= 6263,73 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{u\text{baja}} = \emptyset \times 0,9 \times f_u \times t_p$$

$$= 0,75 \times 0,9 \times 5500 \times 1,5$$

$$= 4151,25 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{menentukan}$$

Luas las tumpul :

$$A_{we} = t_e \cdot l_w$$

$$= 1,2 \cdot 125 = 150 \text{ cm}^2$$

Tegangan yang terjadi akibat beban tarik

$$f_h = \frac{T_{\text{total}}}{\frac{A_{we}}{90}} = \frac{368244,643}{90} = 3153,225 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{P_u \sin(41,6^\circ)}{\frac{A_{we}}{90}} = \frac{140142 \sin(41,6^\circ)}{90} = 620,73 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_h^2 + f_v^2} = \sqrt{3153,225^2 + 620,73^2}$$

$$= 3213,77 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} < f_{u\text{baja}} \rightarrow 3213,77 \text{ kg/cm}^2 < 4151,25 \text{ cm}^2 \text{ (OK)}$$

Maka las tumpul penetrasi penuh F_{E110xx} dengan tebal 1,2 cm dapat digunakan pada sambungan pelat buhul dengan kolom dan balok.

- Sambungan pelat buhul (*gusset plate*) dengan sayap balok
Kekuatan sambungan :

Mutu baut = A490

$F_{nv} = 5790 \text{ kg/cm}^2$ (SNI 1729:2015 Tabel J3.2)

$tp = 15 \text{ mm} = 1,5 \text{ cm}$

Kuat geser baut :

$$\begin{aligned}\phi \cdot V_n &= \phi \times F_{nv} \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 5790 \times 3,801 \cdot 1 \\ &= 16507,263 \text{ kg} \rightarrow \text{menentukan}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut :

$$\begin{aligned}\phi \cdot R_n &= \phi \times 2,4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,2 \times 1,5 \times 4100 \\ &= 24354 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{472988}{16507,263} = 28,653 \text{ buah} \approx 30 \text{ buah}$$

Maka dipasang baut M22 sebanyak 30 buah di 2 sisi

Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 33 \text{ mm s/d } 160 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S1 = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 1,25db \text{ s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 27,5 \text{ mm s/d } 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S2 = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 66 \text{ mm s/d } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

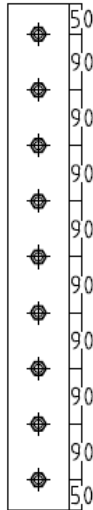
$$\text{Pakai } S = 90 \text{ mm}$$

Kontrol kekuatan plat sambung :

Tebal pelat buhul (tp) = 15 mm

BJ 41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

$$\begin{aligned}\varnothing_{\text{lubang}} &= 22 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 23,5 \text{ mm} = 2,35 \text{ cm}\end{aligned}$$



Gambar 4.65 Detail Pelat Sambung Pada Sayap Balok

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_p = 82 \times 1,5 = 123 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}A_n &= A_g - 9 \times t_p \times \varnothing_{\text{lubang}} \\ &= 123 - 9 \times 1,5 \times 2,35 \\ &= 91,275 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Kuat leleh :

$$\begin{aligned}P_u &= \varnothing \times A_g \times f_y \\ &= 0,9 \times 123 \times 2500 \\ &= 553500 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat putus :

$$\begin{aligned}P_u &= \varnothing \times A_n \times f_u \\ &= 0,75 \times 91,275 \times 4100 \\ &= 561341,25 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$T < P_u \rightarrow 472988 \text{ kg} < 553500 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

- Sambungan pelat buhul (*gusset plate*) dengan balok Direncanakan menggunakan sambungan las tumpul penetrasi penuh F_{E110xx} dengan tebal 0,6 cm dan tebal pelat buhul 15 mm dengan mutu BJ 41.

Kekuatan rencana las tumpul :

$$t_e = 6 \text{ mm} = 0,6 \text{ cm}$$

$$F_{yw} = 110 \times 70,3 = 7733 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_{u_{las}} &= \phi \times 0,9 \times F_{yw} \times t_e \\ &= 0,75 \times 0,9 \times 7733 \times 0,6 \\ &= 3131,865 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{menentukan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{u_{baja}} &= \phi \times 0,9 \times f_u \times t_p \\ &= 0,75 \times 0,9 \times 5500 \times 1,5 \\ &= 4151,25 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Luas las tumpul :

$$\begin{aligned} A_{we} &= t_e \cdot l_w \\ &= 0,6 \cdot 155 = 93 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi akibat beban tarik

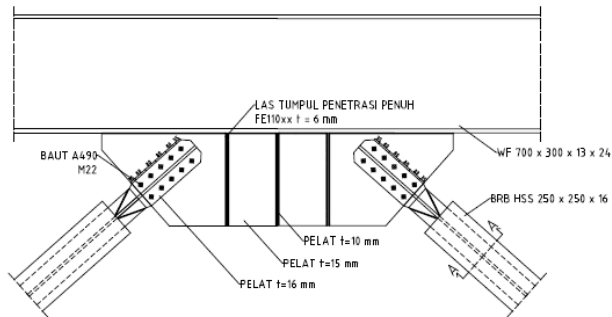
$$\begin{aligned} f_h &= \frac{P_u \times \cos(41,6^\circ)}{A_{we}} = \frac{140142 \cos(41,6^\circ)}{93} \\ &= 1126,276 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_v &= \frac{P_u \times \sin(41,6^\circ)}{A_{we}} = \frac{140142 \sin(41,6^\circ)}{93} \\ &= 1001,134 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{total} &= \sqrt{f_h^2 + f_v^2} = \sqrt{1126,276^2 + 1001,134^2} \\ &= 1506,907 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$f_{total} < f_{u_{baja}} \rightarrow 1506,907 \text{ kg/cm}^2 < 3131,865 \text{ cm}^2 \text{ (OK)}$$

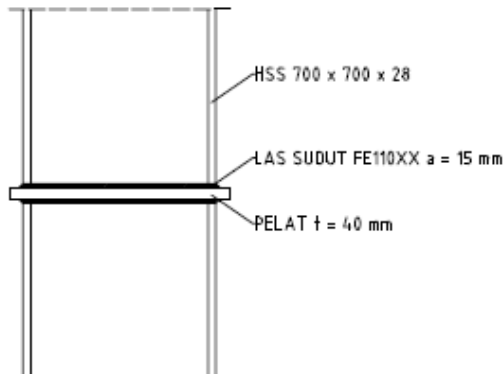
Maka las tumpul penetrasi penuh F_{E110xx} dengan tebal 0,6 cm dapat digunakan pada sambungan pelat buhul dengan balok. Pelat buhul juga diberi 3 pelat pengaku dengan tebal 10 mm dengan jarak masing-masing 300 mm.



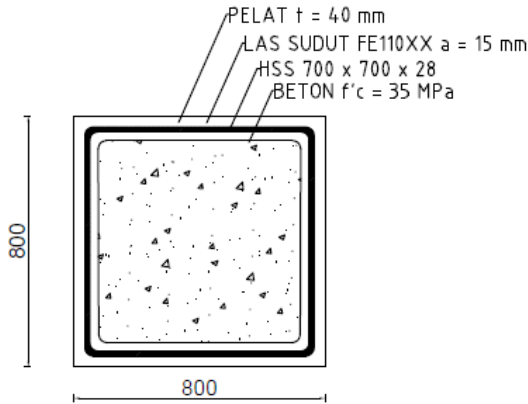
Gambar 4.66 Sambungan Bresing dengan Balok

4.5.8 Sambungan Antar Kolom

Kolom akan disambung menggunakan sambungan las sudut dengan mutu F_{E110XX} , dan plat tambahan dengan tebal 40 mm.



Gambar 4.67 Tampak Samping Sambungan Antar Kolom



Gambar 4.68 Tampak Atas Sambungan Antar Kolom

Dari hasil analisa ETABS 2016 diperoleh gaya maksimum pada kolom CFT 700 x 700 x 28 dengan label C9 di lantai 1 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_u &= 1094790,4 \text{ kg} \\ V_u &= 2547,28 \text{ kg} \\ M_{u_x} &= 19323,58 \text{ kg} \\ M_{u_y} &= 20287,49 \text{ kg} \end{aligned}$$

Misal :

$$t_e = 1 \text{ cm}$$

$$A_{las} = 4 \times (1 \times 70) = 280 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(70+70)^3}{6} = 457333,3 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(70+70)^3}{6} = 457333,3 \text{ cm}^4$$

$$S_x = b \times d + \left(\frac{d^2}{3}\right) = 70 \times 70 + \left(\frac{70^2}{3}\right) = 6533,3 \text{ cm}^3$$

$$S_y = b \times d + \left(\frac{d^2}{3}\right) = 70 \times 70 + \left(\frac{70^2}{3}\right) = 6533,3 \text{ cm}^3$$

- Gaya akibat P_u

$$\begin{aligned} f_v &= \frac{P_u}{A} + \frac{M_{ux}}{S_x} + \frac{M_{uy}}{S_y} \\ &= \frac{1094790,4}{280} + \frac{19323,58}{6533,3} + \frac{20287,49}{6533,3} \\ &= 3916,03 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- Gaya akibat V_u

$$f_h = \frac{V_u}{A} = \frac{2547,28}{280} = 9,097 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_{\text{total}} &= \sqrt{f_h^2 + f_v^2} \\ &= \sqrt{9,097^2 + 3916,03^2} \\ &= 3916,04 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi F_{nw} &= 0,75 \times 0,6 \times F_{E90XX} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 = 3479,85 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$t_e = \frac{f_{\text{total}}}{F_{nw}} = \frac{3916,04}{3479,85} = 1,12 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{1,12}{0,707} = 1,592 \text{ cm}$$

$$a_{\text{min}} = 3 \text{ mm untuk } t_p > 19 \text{ mm}$$

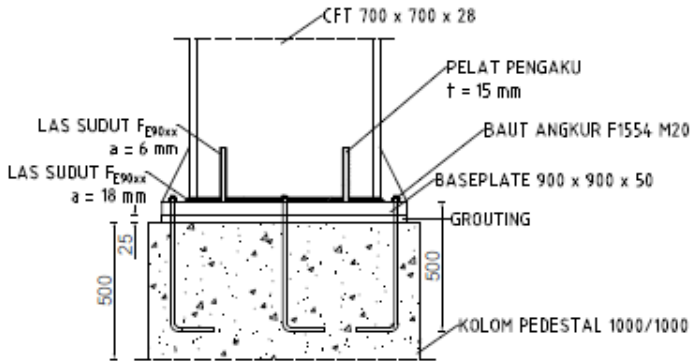
$$a_{\text{maks}} = 38,4 \text{ mm untuk } t_p = 40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a_{\text{eff maks}} &= 1,41 \times \frac{f_u}{F_{EXX}} \times t_p = 1,41 \times \frac{4100}{70 \times 70,3} \times 0,5 \\ &= 1,499 \text{ cm} = 14,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

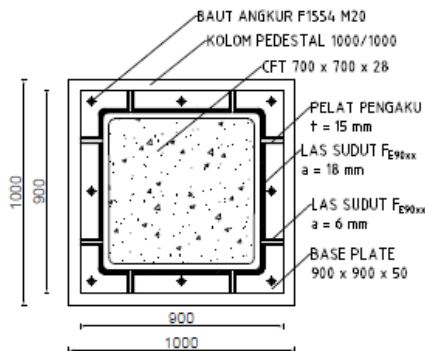
Maka digunakan las sudut dengan $a = 1,5 \text{ cm}$

4.5.9 Sambungan Kolom dengan *Base Plate*

Perencanaan *base plate* digunakan untuk menghubungkan kolom baja dengan kolom pedestal. Plat sambung yang digunakan yaitu dengan ketebalan $t_p = 50 \text{ mm}$.



Gambar 4.69 Tampak Samping Sambungan Kolom dengan *Base Plate*



Gambar 4.70 Tampak Atas Sambungan Kolom dengan *Base Plate*

Dari hasil analisis ETABS 2016 didapat gaya yang bekerja pada kolom lantai dasar adalah :

$$P_u = 997856,48 \text{ kg}$$

$$V_u = 7185 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 22039,97 \text{ kg.m}$$

$$M_{uy} = 19397,11 \text{ kg.m}$$

- Sambungan las pada *end plate*

Direncanakan las sudut dengan mutu F_{E90xx} pada daerah yang diarsir pada profil kolom.

Misal :

$$t_e = 1 \text{ cm}$$

$$A_w = 4 \times (1 \times 70) = 280 \text{ cm}^2$$

$$I_x = I_y = \left(\frac{b+d}{6}\right)^3 = \left(\frac{70+70}{6}\right)^3 = 457333,3 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} S_x = S_y &= (b \times d) + \left(\frac{d^2}{3}\right) \\ &= (70 \times 70) + \left(\frac{70^3}{3}\right) = 6533,3 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Akibat P_u :

$$\begin{aligned} f_v &= \frac{P_u}{A} + \frac{M_{ux}}{S_x} + \frac{M_{uy}}{S_y} \\ &= \frac{997856,48}{280} + \frac{22039,97}{6533,3} + \frac{19397,11}{6533,3} \\ &= 3570,115 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Akibat V_u :

$$f_h = \frac{V_u}{A} = \frac{7185}{280} = 25,661 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_{\text{total}} &= \sqrt{f_v^2 + f_h^2} \\ &= \sqrt{3570,115^2 + 25,661^2} \\ &= 3570,21 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset F_{nw} &= 0,75 \times 0,6 \times F_{E90XX} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 90 \times 70,3 = 2847,15 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$t_e = \frac{f_{\text{total}}}{F_{nw}} = \frac{3570,21}{2847,15} = 1,25 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{1,25}{0,707} = 1,77 \text{ cm}$$

$$a_{\text{min}} = 8 \text{ mm untuk } t_p > 19 \text{ mm}$$

$$a_{\text{maks}} = 48,4 \text{ mm untuk } t_p > 6,4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a_{\text{eff maks}} &= 0,707 \times \frac{f_u}{F_{EXX}} \times t_p = 1,41 \times \frac{4100}{90 \times 70,3} \times 5 \\ &= 2,3 \text{ cm} = 23 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan las sudut dengan $a = 1,8 \text{ cm}$

- Perhitungan *base plate*

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{22039,97}{997856,48} = 2,21 \text{ cm}$$

$$1/6h = 1/6 \times 90 = 15 \text{ cm} > e = 2,21 \text{ cm}$$

Karena $1/6h > e$ maka tidak terjadi gaya tarik sehingga tidak perlu memasang gaya angkur (dipasang angkur praktis).

$$h' \geq we + c_1$$

$$we = \text{jarak baut ke tepi} = 2 \times db = 2 \times 2,5 = 5 \text{ cm}$$

$$c_1 = \text{jarak min untuk kunci} = 27/16 \times 2,5 = 4,21 \text{ cm}$$

$$h' \geq 5 + 4,21 = 9,21 \text{ cm}$$

$$h \geq H - 0,5h' = 90 - 0,5 \times 9,21 = 85,39 \text{ cm}$$

$$B = 90 \text{ cm}$$

Dimensi beton :

Panjang: 1000 mm

Lebar : 1000 mm

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{100 \cdot 100}{90 \cdot 90}} = 1,11$$

- Perencanaan akibat beban sumbu X

Akibat beban P_u :

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B \times N} = \frac{997856,48}{90 \times 90} = 123,19 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban M_u :

$$f_{pb} = \frac{6 \times M_u}{B \times N^2} = \frac{6 \times 22039,97}{90 \times 90^2} = 18,14 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan maksimal :

$$f_{p_{maks}} = f_{pa} + f_{pb} = 123,19 + 18,14 = 141,33 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan yang dapat diterima kolom :

$$f_{p \text{ avail}} = \phi \times 0,85 \times f'_c = 0,9 \times 0,85 \times 35 = 26,775 \text{ MPa}$$

$$f_{p \text{ avail}} = 267,75 \text{ kg/cm}^2 > f_{p_{maks}} = 141,333 \text{ kg/cm}^2$$

Menentukan M_{upl} pada sejarak m setiap lebar 1 cm pelat :

$$m = \frac{N - 0,95d}{2} = \frac{90 - 0,95 \times 70}{2} = 11,75 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} M_{upl} &= \left(f_{p_{maks}} - 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \left(\frac{m^2}{2} \right) + \left(2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \left(\frac{m^2}{3} \right) \\ &= \left(141,33 - 2 \cdot 18,14 \cdot \frac{11,75}{90} \right) \left(\frac{11,75^2}{2} \right) + \\ &\quad \left(2 \cdot 18,14 \cdot \frac{11,75}{90} \right) \left(\frac{11,75^2}{3} \right) \\ &= 9647,34 \text{ kgcm/cm} \end{aligned}$$

Menentukan tebal *base plate* :

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{4 \times M_{upl}}{0,9 \times f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 9647,34}{0,9 \times 2500}} = 4,14 \text{ cm} < 5 \text{ cm (OK)}$$

- Perencanaan akibat beban sumbu Y

Akibat beban P_u :

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B \times N} = \frac{997856,48}{90 \times 90} = 123,19 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban M_u :

$$f_{pb} = \frac{6 \times M_u}{B \times N^2} = \frac{6 \times 19397,11}{90 \times 90^2} = 0,16 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan maksimal :

$$f_{p_{maks}} = f_{pa} + f_{pb} = 123,19 + 0,16 = 123,35 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan yang dapat diterima kolom :

$$f_{p \text{ avail}} = \phi \times 0,85 \times f'_c = 0,9 \times 0,85 \times 35 = 26,775 \text{ MPa}$$

$$f_{p \text{ avail}} = 267,75 \text{ kg/cm}^2 > f_{p_{maks}} = 123,35 \text{ kg/cm}^2$$

Menentukan M_{upl} pada sejarak m setiap lebar 1 cm pelat :

$$m = \frac{N - 0,95d}{2} = \frac{90 - 0,95 \times 70}{2} = 11,75 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} M_{upl} &= \left(f_{p_{maks}} - 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \left(\frac{m^2}{2} \right) + \left(2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \left(\frac{m^2}{3} \right) \\ &= \left(123,35 - 2 \cdot 0,16 \cdot \frac{11,75}{90} \right) \left(\frac{11,75^2}{2} \right) + \\ &\quad \left(2 \cdot 0,16 \cdot \frac{11,75}{90} \right) \left(\frac{11,75^2}{3} \right) \\ &= 8514,17 \text{ kgcm/cm} \end{aligned}$$

Menentukan tebal *base plate* :

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{4 \times M_{upl}}{0,9 \times f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 8514,17}{0,9 \times 2500}} = 3,89 \text{ cm} < 5 \text{ cm (OK)}$$

- Perencanaan pelat pengaku

Pelat pengaku direncanakan seperti dengan balok yang menerima beban momen dari pelat landas

Tebal pelat pengaku minimum (ts) :

$$ts \geq 0,5 t_f \rightarrow 0,5 \times 2,8 = 1,4 \text{ cm}$$

Digunakan tebal pelat pengaku (ts) = 1,5 cm dengan tebal las sudut minimum (a = 6 mm)

- Perencanaan baut angkur

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan $1/6h > e$, maka perlu dipasang angkur praktis. Baut angkur direncanakan menggunakan diameter M20 mm ($A_b = 3,14 \text{ cm}^2$) dengan mutu F1554 Grade 105 ($f_{nv} = 7240 \text{ kg/cm}^2$)

- Kekuatan sambungan

Kuat geser baut :

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot V_n &= \emptyset \times F_{nv} \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 7240 \times 3,14 \times 1 \\ &= 17058,85 \text{ kg} \rightarrow \text{menentukan} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut :

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot R_n &= 2,4 \times 0,75 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 0,75 \times 2 \times 5 \times 4100 \\ &= 73800 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat rencana tarik :

$$\begin{aligned} T_d &= 0,75 \times F_{nt} \times A_b \\ &= 0,75 \times 7240 \times 3,14 \\ &= 17058,85 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut

$$n = \frac{V_u}{\emptyset \cdot V_n} = \frac{7185}{17058,85} = 0,421 \approx 8 \text{ buah}$$

Maka dipasang 8 baut angkur M20 mm mutu F1554 Grade 105 untuk menjaga stabilitas struktur.

- Panjang baut angkur (panjang penyaluran struktur tarik)

$$\begin{aligned} \frac{\lambda_d}{d_b} &= \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{5 \times \sqrt{f'_c}} \\ \frac{\lambda_d}{d_b} &= \frac{3 \times 2500 \times 1 \times 1 \times 1}{5 \times \sqrt{35}} \\ \lambda_d &= 25,355 d_b = 50 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka panjang angkur yang dibutuhkan 50 cm.

4.6 Perencanaan Struktur Bawah

4.6.1 Perencanaan Kolom Beton

Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul seluruh beban yang diterima struktur, baik dari struktur sekunder maupun balok induk, dan berfungsi meneruskan beban yang diterima ke pondasi.

Dimensi kolom = 100/100 cm

Tebal selimut = 40 mm

Mutu tulangan (f_y) = 420 MPa

Mutu beton (f'_c) = 40 MPa

4.6.1.1 Kontrol Dimensi Kolom

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS diperoleh beban aksial dan momen dari semua kombinasi beban yang bekerja pada kolom :

$P_{u_{maks}}$ = 10773,394 kN

$V_{u_{maks}}$ = 130,4812 kN

$T_{u_{maks}}$ = 6,045 kN

M_y = 341,36 kN

M_x = 273, 5 kN

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1 jika komponen struktur SRPMK menahan gaya tekan aksial terfaktor akibat sembarang kombinasi ialah sebesar $> A_g \times \frac{f'_c}{10}$ maka komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi-kondisi sebagai berikut :

- Dimensi penampang terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm

1000 mm > 300 mm (OK)

- Rasio dimensi besar dari 0,4

Rasio $b/h = 1 > 0,4$ (OK)

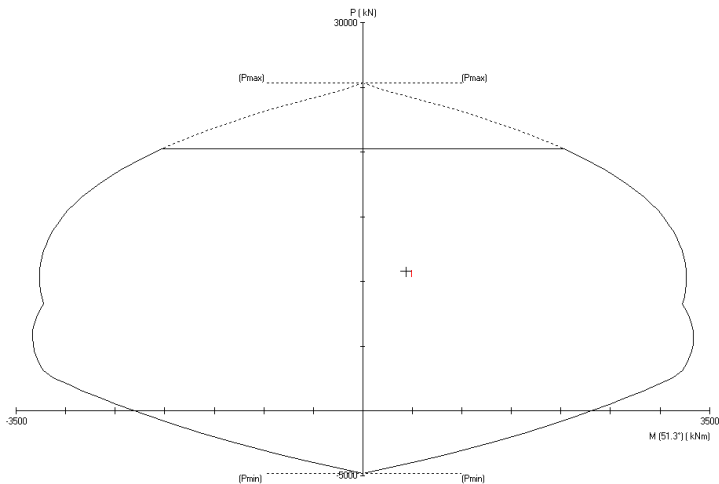
Dari hasil program ETABS didapatkan gaya aksial terfaktor terbesar adalah x kN

$$10773,394 \text{ kN} > 1000 \times 1000 \times \frac{40}{10} \times \frac{1}{1000}$$

$$10773,394 \text{ kN} > 4000 \text{ kN} \dots (\text{OK})$$

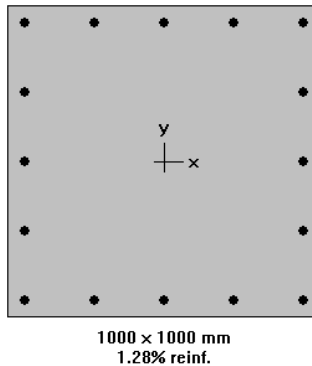
4.6.1.2 Penulangan Longitudinal Kolom

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan memanjang kolom menggunakan program bantu spColumn, didapatkan diagram interaksi antara aksial dan momen pada kolom, yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.71 Diagram Interaksi Kolom 100/100 cm

Dari hasil spColumn di atas didapatkan tulangan longitudinal yang dapat dipakai adalah 16D32.



Gambar 4.72 Hasil Penulangan Aplikasi spColumn

Grafik interaksi aksial dan momen pada kolom

$$\varnothing M_{nx} = 2038,81 \text{ kNm} > M_{ux} = 273,5 \text{ kNm} \dots\dots(\text{OK})$$

$$\varnothing M_{ny} = 2545,65 \text{ kNm} > M_{uy} = 341,36 \text{ kNm} \dots(\text{OK})$$

4.6.1.3 Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Pada Kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6 luas tulangan memanjang (A_{st}) tidak boleh kurang dari 0,01 A_g atau lebih dari 0,06 A_g .

$$A_{st} = 12867,96 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 1000000 \text{ mm}^2$$

Dari diagram interaksi yang dibuat oleh program spColumn diperoleh tulangan longitudinal $x D_x$ dengan rasio tulangan = 1,28 %.

$$0,01 A_g < A_s < 0,06 A_g$$

$$10000 \text{ mm}^2 < 12820 \text{ mm}^2 < 60000 \text{ mm}^2$$

4.6.1.4 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom Terhadap Beban Aksial Terfaktor

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6.2 kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\varnothing P_n = 0,8 \times \varnothing \times \left(0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y (A_{st}) \right)$$

Dimana :

$$P_u = 10773,394 \text{ kN}$$

$$\emptyset = 0,65$$

$$A_g = 1000 \times 1000 = 1000000 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 12867,96 \text{ mm}^2$$

Sehingga :

$$\emptyset P_n = 0,8 \times 0,65 \times (0,85 \times 40(1000000 - 12867,96) + 420(12867,96))$$

$$\emptyset P_n = 20262857,64 \text{ N}$$

$$\emptyset P_n = 20262,86 \text{ kN} > P_u = 10773,394 \text{ kN (OK)}$$

4.6.1.5 Kontrol Gaya Tekan Terhadap Gaya Geser Rencana

Gaya geser rencana (V_e) untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.5.1

$$F_s = 1,25 \times f_y = 1,25 \times 420 = 525 \text{ MPa}$$

$$L_n = 3100 - 550 = 2550 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = 3413 \text{ kNm (didapat dari program spColumn)}$$

$$V_{ex} = \frac{2 \times M_{pr}}{L_n} = \frac{2 \times 3413}{2,55} = 2676,86 \text{ kN}$$

$$V_{ex} = 2676,86 \text{ kN} > V_u = 130,4812 \text{ kN}$$

4.6.1.6 Perhitungan Tulangan Geser

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.3 ujung-ujung kolom sepanjang L_o harus dikekang oleh tulangan transversal (Ash) dengan spasi sesuai SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.3.

Pemasangan tulangan di daerah sendi plastis :

Jarak tulangan maksimum :

- $\frac{1}{4} b_{kolom} = \frac{1}{4} \times 1000 = 250 \text{ mm}$
- $6d_b = 6 \times 32 = 174 \text{ mm}$
- $100 \text{ mm} \leq S \leq 150 \text{ mm}$
- $S_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) = 116,67 \text{ mm}$

Sehingga digunakan jarak tulangan di daerah sendi plastis 110 mm.

Ash_{min} sesuai SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai terbesar dari hasil rumus berikut :

$$b_{cx} = 1000 - 2 \times 40 \times 2 \times 16 = 888 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = b_{cx}^2 = 888^2 = 788544 \text{ mm}^2$$

$$A_{shx} = 0,3 \times \frac{s \times b_{cx} \times f'c}{f_y} \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$A_{shx} = 0,3 \times \frac{100 \times 888 \times 40}{420} \left(\frac{1000000}{788544} - 1 \right) = 680,36 \text{ mm}^2$$

$$A_{shl} = 0,09 \times \frac{s \times b_{cx} \times f'c}{f_y}$$

$$A_{shl} = 0,09 \times \frac{100 \times 888 \times 40}{420} = 761,14 \text{ mm}^2 \text{ (menentukan)}$$

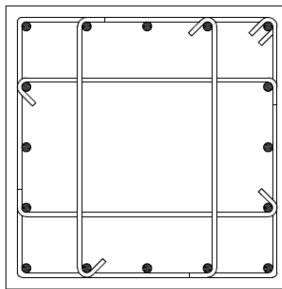
Sehingga digunakan 4D16 - 110

Pemasangan tulangan di luar daerah sendi plastis :

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.5 sisa panjang kolom di luar sendi plastis tetap harus dipasang tulangan transversal dengan tidak lebih dari :

- $6 d_b = 6 \times 32 = 174 \text{ mm}$
- 150 mm

Maka dipakai $s = 110 \text{ mm}$ sehingga menjadi 4D16 – 110



Gambar 4.73 Penulangan Kolom Beton

4.6.2 Perencanaan Sloof

Struktur balok sloof berfungsi agar penurunan yang terjadi pada pondasi (*pilecap*) bergerak bersama-sama, dengan kata lain balok sloof merupakan pengaku yang menghubungkan antar pondasi (*pilecap*). Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof

meliputi berat sloof sendiri, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Data perencanaannya sebagai berikut :

Dimensi sloof = 450 x 650 mm

Mutu beton (f_c') = 40 MPa

Mutu baja (f_y) = 420 Mpa

Tulangan utama = D25

Tulangan sengkang = Ø10

Selimut beton = 40 mm

Bentang = 9 m

Gaya aksial kolom = 10773,39 kN

Pu sloof = 10% x 10773,3941 = 1077,39 kN

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.12.3.2 balok sloof yang didesain sebagai pengikat horizontal antara *poer* harus diproporsikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar jarak antar kolom yang disambung dibagi dengan 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450 mm.

$$l/20 = 9000/20 = 450 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm (OK)}$$

Direncanakan dimensi sloof terkecil adalah 450 mm, maka dimensi tersebut telah memenuhi kriteria desain.

4.6.2.1 Penulangan lentur sloof

Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya seperti penulangan pada kolom.

Konstruksi sloof merupakan balok menerus sehingga pada perhitungan momen digunakan momen koefisien. Besarnya koefisien momen tersebut ditentukan pada SNI 2847:2013 Pasal 8.3.3 sebagaimana diperlihatkan dengan analisis berikut ini :

$$q_d = 0,45 \times 0,65 \times 2400 = 702 \text{ kg/m}$$

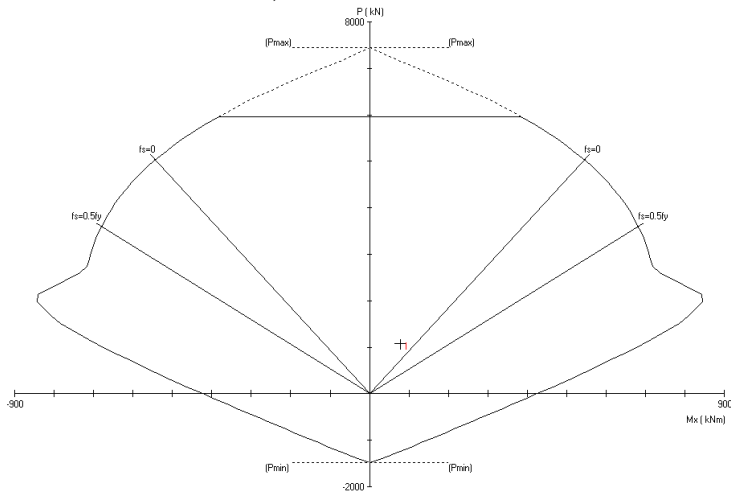
$$q_u = 1,4 \times 702 = 982,8 \text{ kg/m}$$

$$M_{u_{tumpuan}} = \frac{1}{12} \times q_u \times l^2$$

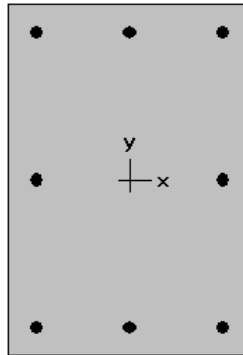
$$= \frac{1}{12} \times 982,8 \times 9^2$$

$$= 7960,68 \text{ kg.m} = 78,01 \text{ kN.m}$$

$$P_{u_{\text{sloof}}} = 1077,39 \text{ kN}$$



Gambar 4.74 Diagram Interaksi Sloof 45/65



450 × 650 mm
1.34% reinf.

Gambar 4.75 Hasil Penulangan Program Bantu spColumn

Dari analisis spColumn didapat :

$$\rho = 1,34\%$$

$$\text{Dipasang tulangan} = 8\text{D}25 \text{ (As} = 3926,99 \text{ mm}^2\text{)}$$

Cek lebar sloof :

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar yang diperlukan akan diperoleh adalah sebagai berikut :

2 x selimut beton ($c = 40$ mm)	$= 2 \times 40 = 80$ mm
2 x sengkang ($\emptyset = 10$ mm)	$= 2 \times 10 = 20$ mm
3 x D25	$= 3 \times 25 = 75$ mm
2 kali jarak antara 25 mm	$= 2 \times 25 = 50$ mm
Total	$= 225$ mm

Total lebar < Lebar Balok 450 mm ternyata cukup untuk pemasangan tulangan dalam 1 baris.

4.6.2.2 Penulangan geser sloof

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut :

$$A_g = 450 \times 650 = 292500 \text{ mm}^2$$

$$d = 650 - 40 - 10 - 25/2 = 587,5 \text{ mm}^2$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{P_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{1077,39}{14 \times 292500} \right) 1 \sqrt{40} \times 450 \times 587,5$$

$$V_c = 359031,38 \text{ N}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 359031,38 = 269273,54 \text{ N} = 27476,89 \text{ kg}$$

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times l = \frac{1}{2} \times 982,8 \times 9 = 4422,6 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_c > V_u$$

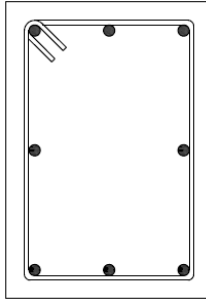
$$27476,89 \text{ kg} > 4422,6 \text{ kg} \text{ (tidak perlu tulangan geser)}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh kurang dari berikut ini:

$$d/2 = 587,5/2 = 293,75 \text{ mm}$$

$$s = 300 \text{ mm}$$

Dipasang sengkang 2 \emptyset 10 – 300 mm



Gambar 4.76 Penulangan Sloof

4.6.3 Perencanaan Dinding Geser *Basement*

Dinding geser (*shearwall*) dalam struktur gedung berfungsi untuk menahan gaya geser dan momen yang terjadi akibat gaya lateral.

- Data perencanaan

Tebal dinding	= 30 cm
Tebal selimut	= 40 mm
Diameter tulangan	= 13 mm
Mutu tulangan (f_y)	= 132,73 mm ²
Mutu beton (f'_c)	= 40 MPa
Tinggi lantai	= 3,1 m
Lebar dinding	= 800 cm (X) dan 900 cm (Y)

Berdasarkan hasil analisis ETABS didapat gaya aksial dan momen yang bekerja pada dinding geser sebagai berikut :

Tabel 4.28 Rekapitulasi Gaya yang Bekerja Pada Dinding Geser

Sumbu	P_u (kN)	M_u (kNm)	V_u (kN)
X	5789,94	3607,45	797,11
Y	5748,55	4931,73	935,16

- Kuat aksial rencana

Kuat aksial rencana dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 14.5.2 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\phi P_n &= 0,55 \times \phi \times \sqrt{f'_c} \times A_g \times \left[1 - \left(\frac{k \times l_c}{32h} \right)^2 \right] \\ &= 0,55 \times 0,75 \times \sqrt{40} \times A_g \times \left[1 - \left(\frac{0,8 \times 8000}{32 \times 3100} \right)^2 \right] \\ &= 64430,9 \text{ kN} \\ \phi P_n &= 64430,9 \text{ kN} > P_u = 5789,94 \text{ kN (OK)}\end{aligned}$$

- Kontrol tebal dinding geser

Tebal dinding dianggap cukup bila dihitung memenuhi SNI 2847:2013 Pasal 11.9.3 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}V_n &= 0,83 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot h \cdot d = 0,83 \times \sqrt{40} \times 300 \times 8000 \\ V_n &= 12598,51 \text{ kN} \\ V_u &= 935,162 \text{ kN} < V_n = 12598,51 \text{ kN (OK)}\end{aligned}$$

- Penulangan geser dinding

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.9.2.2 bahwa sedikitnya harus dipasang dua lapis tulangan pada dinding apabila gaya geser terfaktor melebihi $0,17 \times A_{cv} \times \sqrt{f'_c}$

$$\begin{aligned}V_u &< 0,17 \times 300 \times 8000 \times \sqrt{40} \\ V_u &< 2580,42 \text{ kN} \\ V_u &= 935,162 \text{ kN} < V_n = 2580,42 \text{ kN} \\ &\text{(1 lapis tulangan)}\end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 14.3.4 bahwa pada dinding yang mempunyai ketebalan lebih besar dari 250 mm, kecuali dinding ruang bawah tanah harus dipasang dua lapis tulangan.

$$300 \text{ mm} > 250 \text{ mm} \rightarrow 2 \text{ lapis tulangan}$$

Maka dinding geser direncanakan menggunakan dua lapis tulangan

- Penulangan geser horizontal dan vertikal
Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.2 rasio tulangan horizontal (ρ_t) tidak boleh kurang dari 0,0025 dan menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.4 rasi tulangan vertikal (ρ_l) tidak boleh kurang dari :

$$\rho_t = 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{hw}{lw} \right) (\rho_t - 0,0025) \text{ dan}$$

$$\rho_{\min} = 0,0025$$

Spasi tulangan horizontal tidak boleh lebih dari :

$$S \leq \frac{8000}{5} = 1600 \text{ mm (OK)}$$

$$S \leq 3 \times 300 = 900 \text{ mm (OK)}$$

$$S \leq 450 \text{ mm (OK)}$$

Dipakai $S = 250 \text{ mm (OK)}$

Digunakan tulangan horizontal 2 lapis 2D13 ($A_s = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$\rho_n = \frac{A_s}{h \times s} = \frac{265,46}{250 \times 300} = 0,003539 > \rho_{\min} = 0,0025$$

$$V_n = A_{cv} (\alpha_c \times \sqrt{f'_c} + \rho_n f_y)$$

$$\frac{hw}{lw} = \frac{3100}{8000} = 0,3875 < 1,5 \text{ maka digunakan } \alpha_c = 0,25$$

$$\phi V_n = 300 \times 8000 (0,25 \times \sqrt{40} + 0,003539 \times 420)$$

$$\phi V_n = 7362,577 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 7362,577 \text{ kN} > V_u = 935,2 \text{ kN (OK)}$$

Maka digunakan tulangan geser horizontal 2D13 - 250 mm

$$\rho_t = 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{hw}{lw} \right) (\rho_n - 0,0025)$$

$$\rho_t = 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{3100}{8000} \right) (0,00354 - 0,0025)$$

Maka $\rho_t = 0,003598$

Spasi tulangan vertikal tidak boleh lebih dari :

$$s \leq \frac{3100}{3} = 1033,33 \text{ mm (OK)}$$

$$s \leq 3h = 900 \text{ mm (OK)}$$

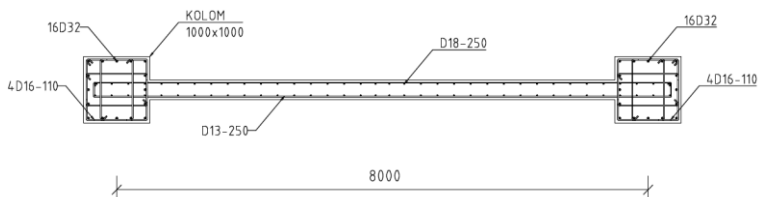
$$s \leq 450 \text{ mm (OK)}$$

$$s \text{ pakai} = 250 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan vertikal dua lapis 2D18 ($A_s = 504,469 \text{ mm}^2$)

$$\rho_n = \frac{A_s}{h \times s} = \frac{265,46}{250 \times 300} = 0,0037699 > \rho_{\min} = 0,003598 \text{ (OK)}$$

Maka, digunakan tulangan geser vertikal 2D18 – 250 mm

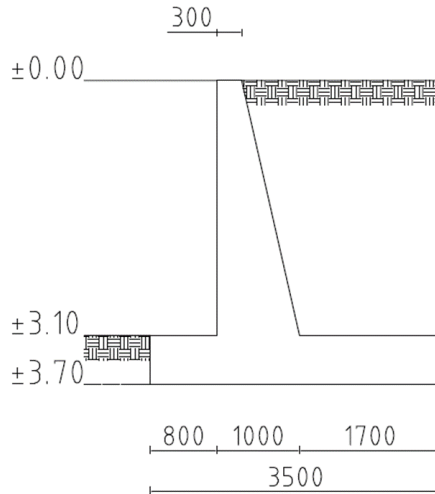


Gambar 4.77 Penulangan *Shearwall Basement*

4.6.4 Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah harus direncanakan dengan tepat sehingga perlu diketahui gaya horizontal yang bekerja antar konstruksi penahan dengan massa tanah yang ditahan. Pada perencanaan ini, direncanakan dengan kondisi muka air tertinggi.

- Data perencanaan
 - $\gamma_{\text{sat}} = 1,706 \text{ t/m}^3$
 - $\gamma_{\text{air}} = 1 \text{ t/m}^3$
 - $\gamma' = 0,706 \text{ t/m}^3$
 - $\gamma_{\text{beton}} = 2,4 \text{ t/m}^3$
 - $\theta = 30^\circ$
 - $c' = 0,08 \text{ t/m}$



Gambar 4.78 Tampak Samping Dinding Penahan Tanah

- Tekanan aktif tanah

$$\sigma_v'(0) = \gamma' \times h = 0$$

$$\sigma_v'(-3,7) = \gamma' \times h = 0,706 \times 3,7 = 2,61 \text{ t/m}$$

$$K_a = \tan\left(45^\circ - \frac{\theta}{2}\right) = \tan\left(45^\circ - \frac{30}{2}\right) = 0,333$$

Kedalaman 0 m :

$$\begin{aligned}\sigma_h'(0) &= (\sigma_v' \times K_a) - (2 \times c' \times \sqrt{K_a}) \\ &= (0 \times 0,333) - (2 \times 0,08 \times \sqrt{0,333}) \\ &= -0,0924 \text{ t/m} \approx 0 \text{ t/m}\end{aligned}$$

$$\sigma_h \text{ total} = \sigma_h' + \gamma_{\text{air}} \times h = 0 \text{ t/m}$$

Kedalaman 3,7 m :

$$\begin{aligned}\sigma_h'(-3,7) &= (\sigma_v' \times K_a) - (2 \times c' \times \sqrt{K_a}) \\ &= (2,61 \times 0,333) - (2 \times 0,08 \times \sqrt{0,333}) \\ &= 0,778 \text{ t/m}\end{aligned}$$

$$\sigma_h \text{ total} = \sigma_h' + \gamma_{\text{air}} \times h = 0,778 + 1 \times 3,7 = 4,478 \text{ t/m}$$

- Tekanan pasif tanah

$$\sigma_v' (0) = \gamma' \times h = 0$$

$$\sigma_v' (-0,6) = \gamma' \times h = 0,706 \times 0,6 = 0,424 \text{ t/m}$$

$$K_p = \tan \left(45^\circ + \frac{\theta}{2} \right) = \tan \left(45^\circ + \frac{30}{2} \right) = 0,333$$

Kedalaman 0 m :

$$\begin{aligned} \sigma_h' (0) &= (\sigma_v' \times K_p) + (2 \times c' \times \sqrt{K_p}) \\ &= (0 \times 0,333) + (2 \times 0,08 \times \sqrt{0,333}) \\ &= 0,277 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$\sigma_h \text{ total} = \sigma_h' + \gamma_{\text{air}} \times h = 0,277 + 1 \times 0 = 0,277 \text{ t/m}$$

Kedalaman 0,6 m :

$$\begin{aligned} \sigma_h' (-0,6) &= (\sigma_v' \times K_p) + (2 \times c' \times \sqrt{K_p}) \\ &= (0,424 \times 0,333) + (2 \times 0,08 \times \sqrt{0,333}) \\ &= 1,548 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_h \text{ total} &= \sigma_h' (0) + \sigma_h' (-0,6) + \gamma_{\text{air}} \times h = 1,548 + 1 \times 0,6 \\ &= 2,425 \text{ t/m} \end{aligned}$$

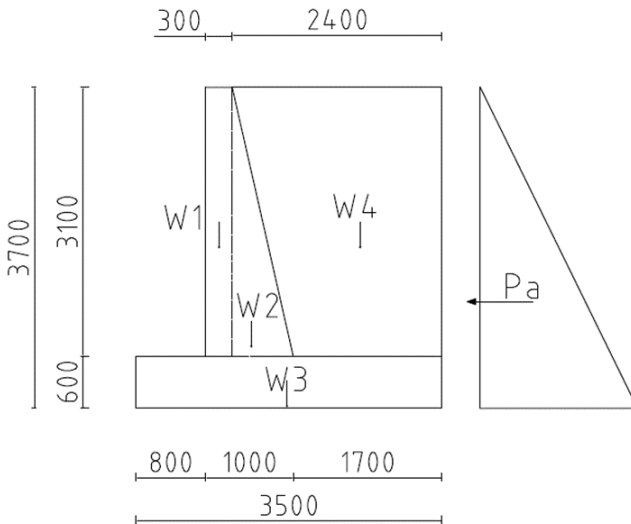
Dinding penahan tanah direncanakan dengan dimensi seperti pada Gambar 4.78 dan harus mampu menahan geser dan guling.

- Kontrol guling

Akibat tekanan aktif tanah :

$$P_a = \frac{1}{2} \times \sigma_h \times h = \frac{1}{2} \times 4,478 \times 3,7 = 8,285 \text{ t}$$

$$M_o = \frac{1}{3} \times h \times P_a = \frac{1}{3} \times 3,7 \times 8,285 = 10,22 \text{ tm}$$



Gambar 4.79 Sketsa Gaya yang Bekerja Pada Dinding Penahan Tanah

Akibat berat sendiri dan berat tanah :

$$W_1 = \gamma_{\text{beton}} \times A_{W1} = 2,4 \times 0,3 \times 0,93 = 2,232 \text{ t}$$

$$M_{W1} = 2,232 \text{ t} \times 0,95 \text{ m} = 2,12 \text{ tm}$$

$$W_2 = \gamma_{\text{beton}} \times A_{W2} = 2,4 \times \frac{1}{2} \times 0,7 \times 3,1 = 2,604 \text{ t}$$

$$M_{W2} = 2,604 \text{ t} \times 1,567 \text{ m} = 4,08 \text{ tm}$$

$$W_3 = \gamma_{\text{beton}} \times A_{W3} = 2,4 \times 3,5 \times 0,6 = 5,04 \text{ t}$$

$$M_{W3} = 5,04 \text{ t} \times 1,75 \text{ m} = 8,82 \text{ tm}$$

$$W_4 = \gamma_{\text{SAT}} \times A_{W4} = 1,706 \times \frac{1}{2} \times (2,4 + 1,7) \times 3,1 = 10,84 \text{ t}$$

$$M_{W4} = 10,84 \text{ t} \times 2,416 \text{ m} = 26,19 \text{ tm}$$

$$W_{\text{total}} = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = 2,232 + 2,604 + 5,04 + 10,84 = 20,72 \text{ t}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{total}} &= M_{W1} + M_{W2} + M_{W3} + M_{W4} \\ &= 2,12 + 4,08 + 8,82 + 26,19 = 41,21 \text{ tm} \end{aligned}$$

Titik berat dinding (x_w) :

$$x_w = \frac{M_{\text{total}}}{W_{\text{total}}} = \frac{41,21}{20,72} = 1,98 \text{ m}$$

Momen penahan (M_r) :

$$\begin{aligned} M_r &= W_{\text{total}} \times (3,5 - x_w) = 20,72 \times (3,5 - 1,98) \\ &= 31,298 \text{ tm} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$SF = \frac{M_r}{M_o} = \frac{31,298}{10,22} = 3,06$$

$$SF_{\text{guling}} = 1,5 < 3,06 \text{ ... (OK)}$$

- Kontrol geser

Akibat tekanan aktif tanah :

$$P_a = \frac{1}{2} \times \sigma h \times h = \frac{1}{2} \times 4,478 \times 3,7 = 8,285 \text{ t}$$

Akibat berat sendiri dan berat tanah :

$$W_{\text{total}} = 20,72 \text{ t}$$

$$P_p = \frac{1}{2} \times \sigma h \times h = \frac{1}{2} \times 2,425 \times 0,6 = 0,728 \text{ t}$$

$$\begin{aligned} SF_{\text{geser}} &= \frac{(W_{\text{beton}}) \times \tan 30^\circ + c' \times L_{\text{footing}}}{P_a - P_p} \\ &= \frac{41,21 \times \tan 30^\circ + 0,08 \times 3,5}{8,285 - 0,728} = 1,62 \end{aligned}$$

$$SF_{\text{geser}} = 1,5 < 1,62 \text{ ... (OK)}$$

- Penulangan dinding penahan tanah

- Penulangan pada *toe* dan *heel* dinding penahan

$$\begin{aligned} M_u &= 1,6 \times M_o = 1,6 \times 10,22 \\ &= 16,35 \text{ tm} = 160220098,9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat} = 600 \text{ mm}$$

Selimit beton = 50 mm
 Mutu beton = 40 MPa
 Mutu tulangan = 420 MPa
 Diameter tulangan = 19 mm

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} \\ &= 0,764 \\ \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_r c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) \\ &= 0,036\end{aligned}$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,036 = 0,027$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0034 \text{ atau}$$

$$\rho_{min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_r c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{420} = 0,0038$$

Dipakai $\rho_{min} = 0,0038$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_r c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,352$$

dx = tebal pelat – selimit beton – $\frac{1}{2}$ diameter tulangan
 = 540,5 mm

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{160220098,9}{0,9 \times 1000 \times 540,5^2} = 0,609$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,352} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,352 \times 0,609}{420}} \right) = 0,001\end{aligned}$$

Dipakai $\rho = \rho_{min} = 0,0038$

$$A_{S_{perlu}} = 0,0038 \times 1000 \times 540,5 = 2162 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}S &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{A_{S_{perlu}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{2162} = 131,1 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan D19 – 125 mm

- Penulangan pada stem dinding penahan tanah

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 1,6 \times \text{Mo} = 1,6 \times 10,22 \\ &= 16,35 \text{ tm} = 160220098,9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat} &= 300 \text{ mm} \\ \text{Selimut beton} &= 50 \text{ mm} \\ \text{Mutu beton} &= 40 \text{ MPa} \\ \text{Mutu tulangan} &= 420 \text{ MPa} \\ \text{Diameter tulangan} &= 16 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} \\ &= 0,764 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,036 = 0,027$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0034 \text{ atau}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{420} = 0,0038$$

Dipakai $\rho_{\text{min}} = 0,0038$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,352$$

$$\begin{aligned} dx &= \text{tebal pelat} - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} \text{ diameter tulangan} \\ &= 242 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{\text{Mu}}{\phi b d^2} = \frac{160220098,9}{0,9 \times 1000 \times 242^2} = 3,04$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,352} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,352 \times 3,04}{420}} \right) = 0,008 \end{aligned}$$

Dipakai $\rho = 0,008$

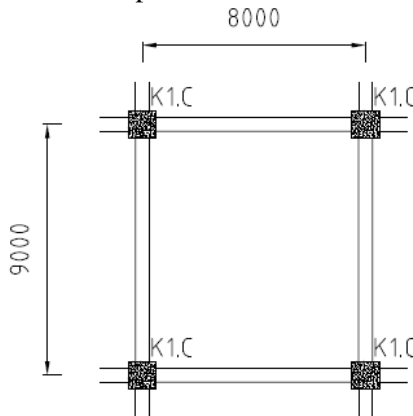
$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= 0,08 \times 1000 \times 242 = 1838 \text{ mm}^2 \\
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{A_{s_{\text{perlu}}}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{1838} = 109,4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan D16 – 100 mm

4.6.5 Perencanaan Pelat Dasar *Basement*

Pada pelat dasar *basement* terdapat 2 kondisi maksimum yang terjadi yaitu pada saat musim hujan terjadi dan tidak ada kendaraan yang parkir sehingga gaya yang terjadi yaitu *uplift* akibat air serta pada saat musim kemarau yang menyebabkan muka air tanah dibawah elevasi *basement* serta terdapat kendaraan yang parkir sehingga gaya yang terjadi yaitu akibat beban parkir kendaraan.

- Data perencanaan pelat dasar *basement* :



Gambar 4.80 Pelat *Basement*

Tebal pelat	= 220 mm
Selimut beton	= 50 mm
Ly	= 900 cm

$$\begin{aligned}
L_x &= 800 \text{ cm} \\
\beta &= L_y/L_x = 900/800 = 1,125 < 2 \text{ (2 arah)} \\
\text{Mutu beton} &= 40 \text{ MPa} \\
\text{Mutu tulangan} &= 420 \text{ MPa} \\
\text{Elevasi M.A.T} &= -1,9 \text{ m} \\
\text{Berat jenis air} &= 1000 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

- Akibat gaya *uplift* air

Dari data perencanaan dapat dihitung gaya *uplift* air yang bekerja dengan sebagai berikut :

$$q \text{ air} = \text{hair} \times \text{berat jenis air} = 1,9 \times 1000 = 1900 \text{ kg/m}^2$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan bahwa $q \text{ air} = 1900 \text{ kg/m}^2$. Nilai $q \text{ air}$ tersebut akan menjadi beban *uplift* pada pelat *basement* itu sendiri.

$$\begin{aligned}
\beta_1 &= 0,85 - 0,05 \frac{(f'c - 28)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} \\
&= 0,764
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) \\
&= 0,036
\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,036 = 0,027$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0034 \text{ atau}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{420} = 0,0038$$

Dipakai $\rho_{\text{min}} = 0,0038$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,352$$

$$\begin{aligned}
dx &= \text{tebal pelat} - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} d \text{ tulangan bawah} \\
&= 220 - 50 - \frac{1}{2} \times 16 = 162 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$dy = 220 - 50 - \frac{1}{2}$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 Tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut :

$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,001 \cdot 1900 \cdot 9^2 \cdot 28 = 4309,2 \text{ kgm} \\
 M_{tx} &= -0,001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 1900 \cdot 9^2 \cdot 64 = -9849,6 \text{ kgm} \\
 M_{ly} &= 0,001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 1900 \cdot 9^2 \cdot 20 = 2432 \text{ kgm} \\
 M_{ty} &= -0,001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 1900 \cdot 9^2 \cdot 56 = -6809,6 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah X

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{10093}{0,9 \times 1000 \times 162^2} = 4,08 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,352} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,352 \times 4,08}{420}} \right) = 0,0104
 \end{aligned}$$

Dipakai $\rho = 0,0104$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{perlu}} &= 0,0104 \times 1000 \times 162 = 1684,48 \text{ mm}^2 \\
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{A_{s_{perlu}}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{1684,48} = 119,36 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan $\emptyset 16 - 100 \text{ mm}$

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah Y

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{6809,6}{0,9 \times 1000 \times 146^2} = 3,48 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,352} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,352 \times 3,48}{420}} \right) = 0,008
 \end{aligned}$$

Dipakai $\rho = 0,008$

$$A_{s_{perlu}} = 0,008 \times 1000 \times 146 = 1278,346 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{A_{\text{perlu}}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{1278,346} = 157,28 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan Ø16 –140 mm

Tabel 4.29 Rekapitulasi Penulangan Pelat Basement
Akibat *Uplift* Air

Pelat	Bentang	Penulangan	
		Arah X	Arah Y
PB1	Ly = 900 cm	Ø16-100	Ø16-140
	Lx = 800 cm		
PB2	Ly = 900 cm	Ø16-100	Ø16-140
	Lx = 650 cm		
PB3	Ly = 650 cm	Ø16-150	Ø16-150
	Lx = 300 cm		
PB4	Ly = 800 cm	Ø16-100	Ø16-150
	Lx = 300 cm		

- Akibat beban parkir

Berdasarkan peraturan pembebanan PPIUG 1983 dan SNI 1727:2013 berikut adalah pembebanan pada pelat lantai *basement* :

Beban Mati (PPIUG 1983) :

- Berat beton (0,22 x 2400) : = 528 kg/m²
- Berat plafon + : 11 + 7 = 18 kg/m²
penggantung
- Berat spesi (1 cm) : 1 x 21 = 21 kg/m²
- Berat *ducting* dan : = 25 kg/m²
plumbing

$$qD = 592 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (SNI 1727:2013) :

- Lantai Hotel $qL = 800 \text{ kg/m}^2$

Beban Berfaktor :

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \\ &= 1,2 \cdot 592 + 1,6 \cdot 800 \\ &= 1990,4 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 Tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X \\ &= 0,001 \cdot 1990,4 \cdot 8^2 \cdot 28 = 4514,23 \text{ kgm} \\ M_{tx} &= -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X \\ &= 0,001 \cdot 1990,4 \cdot 8^2 \cdot 64 = -10318,24 \text{ kgm} \\ M_{ly} &= 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X \\ &= 0,001 \cdot 1990,4 \cdot 8^2 \cdot 20 = 2547,712 \text{ kgm} \\ M_{ty} &= -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X \\ &= 0,001 \cdot 1990,4 \cdot 8^2 \cdot 56 = -7133,5936 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah X

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{10318,24}{0,9 \times 1000 \times 162^2} = 4,28 \\ \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,352} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,352 \times 4,28}{420}} \right) = 0,0109 \end{aligned}$$

Dipakai $\rho = 0,010$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= 0,0109 \times 1000 \times 162 = 1770,86 \text{ mm}^2 \\ S &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{A_{S_{\text{perlu}}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{1770,86} = 113,54 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan $\emptyset 16 - 100 \text{ mm}$

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah Y

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{7133}{0,9 \times 1000 \times 146^2} = 3,64$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,352} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,352 \times 3,64}{420}} \right) = 0,0092\end{aligned}$$

Dipakai $\rho = 0,0092$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 0,0092 \times 1000 \times 146 = 1343,056 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}S &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{A_{S_{\text{perlu}}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{1343,056} = 149,7 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan $\emptyset 16 - 140 \text{ mm}$

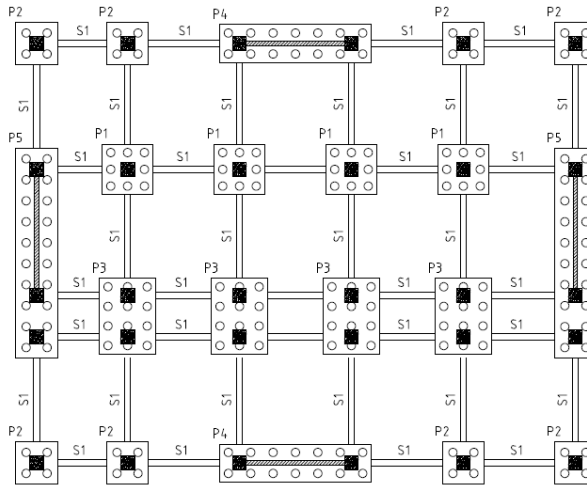
Spasi tulangan disamakan dengan hasil gaya akibat *uplift* air untuk mempermudah pelaksanaan di lapangan.

Tabel 4.30 Rekapitulasi Penulangan Pelat Basement
Akibat Beban Parkir

Pelat	Bentang	Penulangan	
		Arah X	Arah Y
PB1	Ly = 900 cm	Ø16-100	Ø16-140
	Lx = 800 cm		
PB2	Ly = 900 cm	Ø16-100	Ø16-140
	Lx = 650 cm		
PB3	Ly = 650 cm	Ø16-150	Ø16-150
	Lx = 300 cm		
PB4	Ly = 800 cm	Ø16-100	Ø16-150
	Lx = 300 cm		

4.6.6 Perencanaan Pondasi

Pondasi merupakan bagian dasar dari konstruksi yang berfungsi sebagai penopang bangunan di atasnya yang bertujuan untuk meneruskan beban ke tanah yang diterima oleh kolom secara bertahap dan merata.



Gambar 4.81 Denah Pondasi

Beban yang bekerja pada pondasi dihitung menurut SNI 1726:2012 kombinasi beban untuk metode tegangan ijin

- D
- D + L
- D + 0,75L
- D + 0,7E
- D + 0,75(0,7E) + 0,75L
- 0,6D + 0,7E

4.6.6.1 Data Perencanaan Pondasi

Pondasi pada gedung ini direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang beton (*spun pile*) dengan penampang bulat berongga (*round hollow*) dari produk PT. WIKA Beton. Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

- Diameter tiang = 600 mm
- Wall thickness = 100 mm
- Concrete cross section = 1570,9 cm²
- Berat = 393 kg/m

- *Bending moment crack* = 17 tm
- *Bending moment ultimate* = 25,5 tm
- *Allowable axial load* = 252,7 t

4.6.6.2 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (Q_p) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (Q_s). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Di samping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang ditanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

1. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
2. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

Perhitungan daya dukung tanah tersebut dihitung menggunakan metode Luciano Decourt, untuk poer tipe 1 direncanakan dengan diameter tiang adalah 60 cm pada kedalaman 28 m dengan tahapan perhitungan sebagai berikut :

$$A_p = 0,25 \times \pi \times 600^2 = 282743,34 \text{ mm}^2 = 0,283 \text{ m}^2$$

$$K_p = \pi \times 600 = 1884,96 \text{ mm} = 1,885 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} N_p &= \text{nilai rata-rata SPT di sekitar 4D di atas hingga} \\ &\quad \text{4D di bawah kedalaman yang ditinjau} \\ &= \left(\frac{19,5 + 28 + 28 + 26,5 + 26,5}{5} \right) = 25,7 \end{aligned}$$

$$\alpha = 1 \text{ (driven pile)}$$

$$\beta = 1 \text{ (driven pile)}$$

$$K = 25 \text{ t/m}^2 \text{ (lanau berpasir)}$$

$$\begin{aligned}
 N_s &= \text{nilai rata-rata SPT sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan } 3 \leq N \leq 50 \\
 &= \left(\frac{10+15,5+20,5+18+19+19,5+22,5+20+25,5+22,5+19,5+28}{12} \right) \\
 &= 20,04
 \end{aligned}$$

$$A_s = \text{keliling tiang} \times \text{kedalaman tiang}$$

$$= 1,885 \times (28-5) = 43,35 \text{ m}^2$$

$$Q_p = \alpha \times N_p \times K \times A_{\text{ujung}}$$

$$= 1 \times 25,7 \times 25 \times 0,283 = 181,66 \text{ ton}$$

$$Q_s = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \times A_s$$

$$= \left(\frac{20,04}{3} + 1 \right) \times 43,35 = 332,98 \text{ ton}$$

$$Q_{\text{total}} = Q_p + Q_s$$

$$= 181,66 + 332,98 = 514,65 \text{ ton}$$

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan angka *safety factor*.

$$P_{\text{ijin 1 tiang}} = \frac{Q_{\text{total}}}{SF} = \frac{514,65}{3} = 171,55 \text{ ton}$$

$$P_{\text{allow}} = 252,7 \text{ ton} > P_{\text{ijin 1 tiang}} = 171,55 \text{ ton}$$

Maka P_1 tiang adalah 171,55 ton. Dengan kedalaman 28 m, maka tiang kedalaman tiang pancang akan dipasang terdiri dari 3 modul tiang dengan masing-masing panjang 10 m, 10 m, dan 8 m.

Tabel 4.31 Rekapitulasi Perhitungan Daya Dukung Tanah

Depth (m)	Keterangan	N	N _{koreksi}	Np	K (t/m ²)	α	Qp (t)	Ns	As (m ²)	β	Qs (t)	Qtotal (t)	P _{ijin 1 tiang} (t)
5	Lempung	10	10	11,83	12	1	40,15	10,00	0,00	1	0,00	40,15	13,38
6	Lempung	10	10	12,75	12	1	43,26	10,00	1,88	1	8,17	51,43	17,14
7	Lempung	16	15,5	14,30	12	1	48,52	11,83	3,77	1	18,64	67,16	22,39
8	Lempung	16	15,5	16,40	12	1	55,64	12,75	5,65	1	29,69	85,33	28,44
9	Lempung	26	20,5	18,00	12	1	61,07	14,30	7,54	1	43,48	104,55	34,85
10	Lempung	26	20,5	18,50	12	1	62,77	15,33	9,42	1	57,60	120,36	40,12
11	Lempung	21	18	19,20	12	1	65,14	15,71	11,31	1	70,55	135,70	45,23
12	Lempung	21	18	18,90	12	1	64,13	16,00	13,19	1	83,57	147,69	49,23
13	Lempung	23	19	18,70	12	1	63,45	16,33	15,08	1	97,18	160,63	53,54
14	Lempung	23	19	19,00	12	1	64,47	16,60	16,96	1	110,84	175,30	58,43
15	Lempung	24	19,5	19,90	12	1	67,52	16,86	18,85	1	124,81	192,33	64,11
16	Lempung	24	19,5	20,60	12	1	69,89	17,08	20,73	1	138,81	208,70	69,57
17	Lempung	30	22,5	20,80	12	1	70,57	17,50	22,62	1	154,57	225,14	75,05
18	Lempung	30	22,5	20,90	12	1	70,91	17,86	24,50	1	170,36	241,28	80,43
19	Lempung	25	20	22,10	12	1	74,98	18,00	26,39	1	184,73	259,71	86,57
20	Lempung	25	20	22,70	12	1	77,02	18,13	28,27	1	199,10	276,12	92,04
21	Lempung	36	25,5	22,70	12	1	77,02	18,56	30,16	1	216,73	293,75	97,92

22	Lempung	36	25,5	23,20	12	1	78,72	18,94	32,04	1	234,40	313,11	104,37
23	Lempung	30	22,5	23,10	12	1	78,38	19,13	33,93	1	250,30	328,68	109,56
24	Lempung	30	22,5	21,90	12	1	74,30	19,30	35,81	1	266,22	340,52	113,51
25	Lanau	24	19,5	22,40	25	1	158,34	19,31	37,70	1	280,35	438,69	146,23
26	Lanau	24	19,5	23,50	25	1	166,11	19,32	39,58	1	294,48	460,59	153,53
27	Lanau	41	28	24,30	25	1	171,77	19,70	41,47	1	313,72	485,49	161,83
28	Lanau	41	28	25,70	25	1	181,66	20,04	43,35	1	332,98	514,65	171,55

4.6.6.3 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok

Pada saat sebuah tiang merupakan bagian dari sebuah grup, daya dukungnya akan mengalami modifikasi karena pengaruh dari grup tiang tersebut. Modifikasi ini dibedakan menjadi 2 sebab yaitu:

- 1. Pengaruh grup pada saat pelaksanaan pemancangan tiang pondasi
- 2. Pengaruh grup akibat sebuah beban yang bekerja

Untuk perhitungan daya dukung tiang pondasi grup harus dikalikan koefisien efisiensi.

$$Q_{\text{grup}} = Q_{1 \text{ tiang}} \times C_e$$
$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{\theta}{S}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Dimana :

- Q_{grup} = daya dukung tiang pondasi grup
- $Q_{1 \text{ tiang}}$ = daya dukung 1 tiang pondasi = 171,55 ton
- C_e = koefisien efisiensi
- θ = diameter tiang pondasi
- S = jarak as ke as antar tiang
= 2db ≤ S ≤ 3db
= 120 ≤ S ≤ 180 ; dipakai S = 120 cm
- m = jumlah baris = 3 tiang
- n = jumlah kolom = 3 tiang

Apabila jarak antar tiang pancang dalam grup ≥ 3S, efisiensi daya dukung tiang tidak perlu diperhitungkan.

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{60}{120}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{3} - \frac{1}{3}\right)$$
$$= 0,6064$$
$$Q_{\text{grup}} = 171,55 \times 0,6064 = 104,034 \text{ ton}$$

Tabel 4.32 Rekapitulasi Nilai Ce dan Q_{grup}

Tipe Poer	Ce	Q _{grup} (ton)
1	0,6064	104,034
2	0,7577	129,993

3	0,6348	108,905
4	0,69	118,373
5	0,6124	105,096

4.6.6.4 Repartisi Beban-Beban di Atas Tiang Kelompok

Bila di atas tiang-tiang kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (poer) bekerja beban-beban gaya aksial (P), gaya geser (V), dan gaya momen (M), maka besarnya beban vertikal ekuivalen (P_v) yang bekerja pada sebuah tiang adalah :

$$P_v = \frac{P}{n} \pm \frac{M_y \times x_{\max}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \times y_{\max}}{\sum y^2}$$

Dimana :

P_v = beban vertikal ekuivalen

P = beban aksial

n = jumlah tiang dalam grup = 9 buah

M_x = gaya momen terhadap sumbu x

M_y = gaya momen terhadap sumbu y

x_{\max} = absis terjauh terhadap titik berat grup tiang
= 1,2 m

y_{\max} = ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang
= 1,2 m

$\sum x^2$ = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang terhadap garis netral grup = 8,64 m²

$\sum y^2$ = jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang terhadap garis netral grup = 8,64 m²

Dari program bantu ETABS didapatkan output gaya dalam dari struktur yang kemudian akan dimasukkan pada persamaan P_v di atas sehingga didapat nilai P_v terbesar dari beberapa kombinasi beban yang dapat dilihat pada Tabel 4.33 berikut :

Tabel 4.33 Rekapitulasi Perhitungan P_v berdasarkan Kombinasi Beban Poer Tipe 1

Kombinasi	P (t)	V _x (t)	V _y (t)	M _x (tm)	M _y (tm)	P _v (t)
D+L	843,61	0,86	0,53	0,65	0,39	94,07
D+0.7Ex	629,96	1,39	0,39	13,27	4,01	72,64
D+0.7Ey	629,59	0,02	2,19	3,64	14,15	72,73
D+0.75L+0.75(0.7Ex)	791,19	0,72	0,08	9,72	2,88	89,77
D+0.75L+0.75(0.7Ey)	790,9	0,34	1,44	2,49	10,44	89,92

Berdasarkan kombinasi beban dari Tabel 4.33 didapatkan nilai $P_{v \text{ maks}}$ sebesar 94,07 ton yang kemudian dikontrol dengan nilai $P_{ijin \text{ grup}}$ yang sudah didapatkan dari perhitungan daya dukung tanah tiang pancang kelompok, sebagai berikut :

$$P_{v \text{ maks}} = 94,07 \text{ ton} < P_{ijin \text{ grup}} = 104,034 \text{ ton (OK)}$$

Tabel 4.34 Rekapitulasi Perhitungan P_v berdasarkan Kombinasi Beban Poer Tipe 2

Kombinasi	P (t)	V _x (t)	V _y (t)	M _x (tm)	M _y (tm)	P _v (t)
D+L	465,44	7,28	11,73	10,43	20,39	124,66
D+0.7Ex	367,82	5,75	9,518	19,51	18,62	100,85
D+0.7Ey	377,05	5,27	10,21	11,17	25,27	102,91
D+0.75L+0.75(0.7Ex)	444,06	6,95	11,41	17,32	21,37	120,52
D+0.75L+0.75(0.7Ey)	450,98	6,82	11,92	11,89	26,36	122,24

$$P_{v \text{ maks}} = 124,66 \text{ ton} < P_{ijin \text{ grup}} = 129,993 \text{ ton (OK)}$$

Tabel 4.35 Rekapitulasi Perhitungan P_v berdasarkan Kombinasi Beban Poer Tipe 3

Kombinasi	P (t)	V _x (t)	V _y (t)	M _x (tm)	M _y (tm)	P _v (t)
D+L	1120,13	5,00	12,06	7,44	17,67	96,89
D+0.7Ex	866,87	6,44	10,00	18,02	15,97	76,30
D+0.7Ey	908,62	3,96	12,15	8,03	24,18	79,82

D+0.75L+0.75(0.7Ex)	1065,96	6,03	11,89	14,92	18,42	93,03
D+0.75L+0.75(0.7Ey)	1097,28	4,93	13,18	8,69	22,55	95,60

$$P_{v \text{ maks}} = 96,89 \text{ ton} < P_{\text{ijin grup}} = 108,905 \text{ ton (OK)}$$

Tabel 4.36 Rekapitulasi Perhitungan P_v berdasarkan Kombinasi
Beban Poer Tipe 4

Kombinasi	P (t)	V _x (t)	V _y (t)	M _x (tm)	M _y (tm)	P _v (t)
D+L	1331,29	3,89	12,34	8,21	19,94	97,25
D+0.7Ex	1163,29	8,10	9,83	23,86	17,56	86,86
D+0.7Ey	1089,64	3,71	10,37	8,89	24,10	80,11
D+0.75L+0.75(0.7Ex)	1355,62	6,99	11,86	19,09	20,42	100,24
D+0.75L+0.75(0.7Ey)	1300,34	4,14	12,27	9,45	24,20	95,32

$$P_{v \text{ maks}} = 100,24 \text{ ton} < P_{\text{ijin grup}} = 118,373 \text{ ton (OK)}$$

Tabel 4.37 Rekapitulasi Perhitungan P_v berdasarkan Kombinasi
Beban Poer Tipe 5

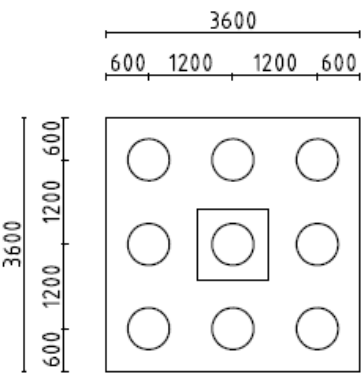
Kombinasi	P (t)	V _x (t)	V _y (t)	M _x (tm)	M _y (tm)	P _v (t)
D+L	1278,23	10,32	2,92	15,33	3,75	64,82
D+0.7Ex	1073,33	8,35	2,78	20,01	4,52	54,67
D+0.7Ey	1215,62	8,19	3,77	14,38	9,20	62,06
D+0.75L+0.75(0.7Ex)	1268,41	10,00	3,10	20,52	4,48	64,48
D+0.75L+0.75(0.7Ey)	1375,10	9,88	3,85	16,30	7,99	70,02

$$P_{v \text{ maks}} = 70,2 \text{ ton} < P_{\text{ijin grup}} = 105,096 \text{ ton (OK)}$$

4.6.7 Perencanaan *Pilecap (Poer)*

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur. Data-data perancangan poer tipe 1 yaitu sebagai berikut :

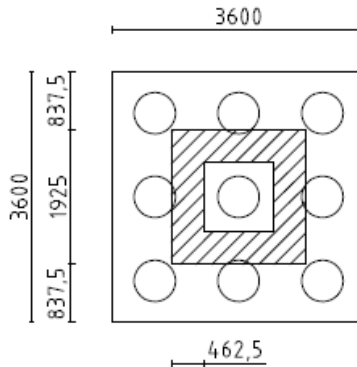
Pu	= 1098,58 ton
P _{maks} (1 tiang)	= 171,55 ton
Jumlah tiang pancang (n)	= 9 buah
Dimensi poer	= 3600 mm x 3600 mm
Tebal poer	= 1000 mm
Mutu beton (fc')	= 40 MPa
Mutu baja (fy)	= 420 MPa
Diameter tulangan	= 25 mm
Selimit beton	= 50 mm
λ	= 1 (beton normal)
Tinggi efektif (d _{shear})	= 1000 – 50 – 25 = 925 mm



Gambar 4.82 *Pilecap (Poer)* Tipe 1

4.6.7.1 Kontrol Geser Ponds

- Akibat Kolom (*Two Way Shear*)



Gambar 4.83 Area Kritis Geser Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser ponds untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi. Perencanaan geser ponds pada poer tersebut berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.11.2.1. Untuk pondasi tapak non-prategang (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut :

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d$$

$$V_{c2} = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d$$

$$V_{c3} = 0,33 \lambda \sqrt{f'c} b_o d$$

Dimana :

α_s = 20 untuk kolom sudut

α_s = 30 untuk kolom tepi

α_s = 40 untuk kolom interior

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek
 $= 1000/1000 = 1$

b_o = keliling penampang kritis

$$= 2 (b_k + d) + 2 (h_k + d)$$

$$= 2 (1000 + 925) + 2 (1000 + 925) = 11400 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \\
 &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 1\sqrt{40} 11400 \cdot 925 \\
 &= 34013142,29 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c2} &= 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \\
 &= 0,083 \left(\frac{20 \times 925}{11400} + 2 \right) 1\sqrt{40} 11400 925 \\
 &= 20053947,44 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c3} &= 0,33 \lambda \sqrt{f'c} b_o d \\
 &= 0,33 1 \sqrt{40} 11400 925 = 22008503,83 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai V_c di atas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 20053947,44 N = 20053,95 kN. Berdasarkan bidang kritis geser akibat kolom pada Gambar 4.83 nilai V_u adalah sebagai berikut :

$$V_u = \frac{A_{kt}}{A_k} \times P_U - n \times \frac{A_{pt}}{A_p} \times P_{1 \text{ tiang}} + \gamma_{\text{beton}} \times t_p \times A_t$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 A_{kt} &= \text{luas bidang kolom yang termasuk bidang geser} \\
 &= 1000000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_k = \text{luas bidang kolom} = 1000000 \text{ mm}^2$$

$$P_U = 1098,58 \text{ ton} = 10777,07 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \text{jumlah tiang yang termasuk bidang geser} \\
 &= 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$A_{pt} = \text{luas tiang yang termasuk bidang geser} = 0 \text{ mm}^2$$

$$A_p = \text{luas tiang} = 282743,34 \text{ mm}^2$$

$$P_{1 \text{ tiang}} = 171,55 \text{ ton} = 1682,89 \text{ kN}$$

$$\gamma_{\text{beton}} = 24 \text{ kN/m}^3$$

$$t_p = \text{tebal poer} = 1000 \text{ mm}$$

$$A_t = \text{luas bidang geser (AutoCad)} = 3704662,5 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{10^6}{10^6} \cdot 10777,07 + 24 \times 1000 \times 3704662,5 \\
 &= 10865,986 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

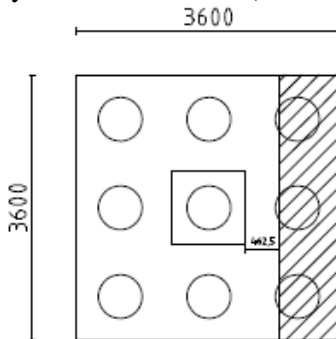
$$\phi V_c \geq V_u$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 20053,95 = 15040,46 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 15040,46 \text{ kN} > V_u = 10865,986 \text{ kN} \dots (\text{OK})$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser ponds akibat kolom (*two way shear*)

- Akibat Gaya Geser Satu Arah (*One Way Shear*)



Gambar 4.84 Area Kritis Geser Akibat Gaya Geser Satu Arah

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek

$$= 1000/1000 = 1$$

b_o = keliling penampang kritis

$$= 3600 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d$$

$$= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 1 \sqrt{40} 3600 \cdot 925$$

$$= 10740992,3 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d$$

$$= 0,083 \left(\frac{20 \times 925}{3600} + 2 \right) 1 \sqrt{40} 3600 925$$

$$= 12479090,78 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,33 \lambda \sqrt{f'c} b_o d$$

$$= 0,33 1 \sqrt{40} 3600 925 = 6950053,84 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai V_c di atas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 6950053,84 N = 6950,054 kN. Berdasarkan bidang kritis geser akibat tiang pancang pada Gambar 4.84 nilai V_u adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{A_{kt}}{A_k} \times P_U - n \times \frac{A_{pt}}{A_p} \times P_1 \text{ tiang} \\ &= \frac{0}{10^6} \times 10777,07 - 3 \times \frac{267119,98}{282743,34} \times 1682,89 \\ &= 4769,7 \text{ kN} \end{aligned}$$

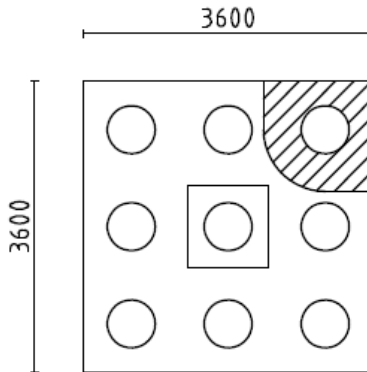
$$\phi V_c \geq V_u$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 6950,054 = 5212,54 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 5212,54 \text{ kN} > V_u = 4769,7 \text{ kN} \dots (\text{OK})$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser ponds akibat gaya geser 1 arah (*one way shear*).

- Akibat Tiang Pancang



Gambar 4.85 Area Kritis Geser Akibat 1 Tiang Pancang

$$\begin{aligned} \beta &= \text{rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek} \\ &= 1000/1000 = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_o &= \text{keliling penampang kritis (AutoCad)} \\ &= 5648,39 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \\
 &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 1 \sqrt{40} 5648,39 \cdot 925 \\
 &= 16852609,16 \text{ N} \\
 V_{c2} &= 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \\
 &= 0,083 \left(\frac{20 \times 925}{5648,39} + 2 \right) 1 \sqrt{40} 5648,39 \cdot 925 \\
 &= 14468362,15 \text{ N} \\
 V_{c3} &= 0,33 \lambda \sqrt{f'c} b_o d \\
 &= 0,33 \cdot 1 \sqrt{40} 5648,39 \cdot 925 = 10904629,46 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai V_c di atas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 10904629,46 N = 10904,63 kN. Berdasarkan bidang kritis geser akibat tiang pancang pada Gambar 4.85 nilai V_u adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{A_{kt}}{A_k} \times P_U - n \times \frac{A_{pt}}{A_p} \times P_1 \text{ tiang} \\
 &= \frac{0}{10^6} \times 10777,07 - 1 \times \frac{282743,34}{282743,34} \times 1682,89 \\
 &= 1682,89 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

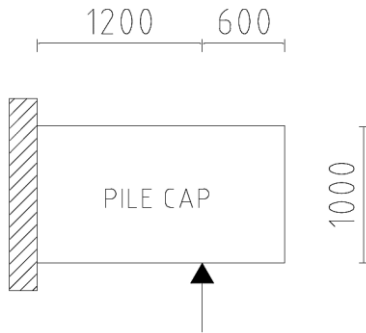
$$\phi V_c = 0,75 \times 10904,63 = 8178,472 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 8178,472 \text{ kN} > V_u = 1682,89 \text{ kN} \dots (\text{OK})$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser ponds akibat tiang pancang.

4.6.8 Penulangan Poer

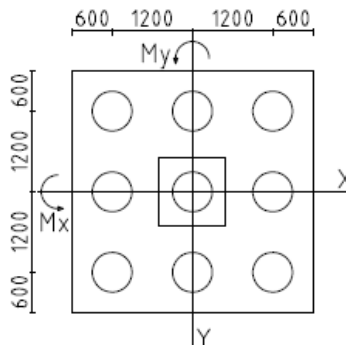
Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.



Gambar 4.86 Analisa Poer Sebagai Kantilever

$$\begin{aligned}
 dx &= 1000 - 50 - 25/2 = 937,5 \text{ mm} \\
 dy &= 1000 - 50 - 25 - 25/2 = 912,5 \text{ mm} \\
 \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \\
 &= 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0,764 \\
 \rho_{\min} &= 0,0018 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,352
 \end{aligned}$$

4.6.8.1 Penulangan Poer Arah Sumbu X



Gambar 4.87 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu X)

$$\begin{aligned}
 P_{\text{maks}} &= 171,55 \text{ ton} = 1682,89 \text{ kN} \\
 q &= 24 \times 1 \times 3,6 = 86,4 \text{ kN/m} \\
 q_u &= 86,4 \times 1,4 = 120,96 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned}
 M_u &= 3 \times P_{\text{maks}} \times e_x - \frac{1}{2} \times q_u \times L^2 \\
 &= 3 \times 1682,89 \times 1,2 - \frac{1}{2} \times 120,96 \times 1,8^2 \\
 &= 5862,45 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{5862,45}{0,9 \times 3600 \times 937,5} = 2,06$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,352} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,352 \times 2,06}{420}} \right) \\
 &= 0,00506 > \rho_{\text{min}} = 0,0018
 \end{aligned}$$

$$\rho = 0,00506$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho b d = 0,00506 \times 3600 \times 937,5 = 17076,74 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_{s \text{ perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 25^2 \times 3600}{17076,74} = 103,48 \text{ mm}$$

S pakai = 100 mm

Sehingga digunakan tulangan lentur D25 – 100 mm

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s = \frac{1}{2} \times \rho \times b \times d$$

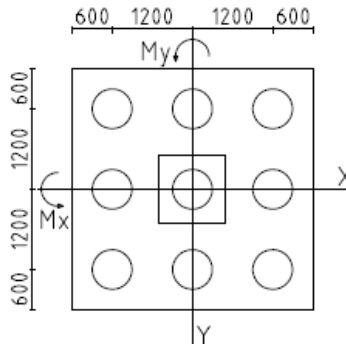
$$A_s = \frac{1}{2} \times 17076,74 = 8538,37 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22 ($A_s = 380,133 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_{s \text{ perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 3600}{8538,37} = 160,27 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan tekan D22 – 100 mm

4.6.8.2 Penulangan Poer Arah Sumbu Y



Gambar 4.88 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu Y)

$$P_{\text{maks}} = 171,55 \text{ ton} = 1682,89 \text{ kN}$$

$$q = 24 \times 1 \times 3,6 = 86,4 \text{ kN/m}$$

$$q_u = 86,4 \times 1,4 = 120,96 \text{ kN/m}$$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned} M_u &= 3 \times P_{\text{maks}} \times e_y - \frac{1}{2} \times q_u \times L^2 \\ &= 3 \times 1682,89 \times 1,2 - \frac{1}{2} \times 120,96 \times 1,8^2 \\ &= 5862,45 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d y^2} = \frac{5862,45}{0,9 \times 3600 \times 912,5} = 2,17$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,352} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,352 \times 2,17}{420}} \right) \\ &= 0,00535 > \rho_{\text{min}} = 0,0018 \end{aligned}$$

$$\rho = 0,00535$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho b d = 0,00535 \times 3600 \times 937,5 = 17577,2 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_{s \text{ perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 25^2 \times 3600}{17577,2} = 100,54 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 100 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D25 – 100 mm

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s = \frac{1}{2} \times \rho \times b \times d$$

$$A_s = \frac{1}{2} \times 17076,74 = 8788,602 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19 ($A_s = 283,53 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 3600}{8788,602} = 119,54 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan tekan D19 – 100 mm

Tabel 4.38 Rekapitulasi Penulangan Poer

Tipe Poer	Posisi	Tulangan	
		Sumbu X	Sumbu Y
1 (3,6 x 3,6 x 1)	Atas	D19-100	D19-100
	Bawah	D25-100	D25-100
2 (3 x 3 x 1)	Atas	D19-100	D19-100
	Bawah	D25-100	D25-100
3 (5,4 x 4 x 1)	Atas	D19-95	D19-95
	Bawah	D25-95	D25-95
4 (10,5 x 2,8 x 1)	Atas	D22-100	D22-100
	Bawah	D32-100	D32-100
5 (15 x 3 x 1)	Atas	D19-90	D19-90
	Bawah	D25-90	D25-90

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan struktur dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Struktur sekunder
 - Pelat atap hotel dengan bentang 3 m menggunakan bondek dari Super Floor Deck dengan tebal bondek 0,75 mm dan tebal pelat beton 9 cm menggunakan tulangan negatif Ø10 -250 mm.
 - Pelat atap hotel dengan bentang 3,25 m menggunakan bondek dari Super Floor Deck dengan tebal bondek 0,75 mm dan tebal pelat beton 10 cm menggunakan tulangan negatif Ø10 -250 mm.
 - Pelat atap hotel dengan bentang 4 m menggunakan bondek dari Super Floor Deck dengan tebal bondek 0,75 mm dan tebal pelat beton 12 cm menggunakan tulangan negatif Ø10 -200 mm .
 - Pelat lantai hotel dengan bentang 3 m menggunakan bondek dari Super Floor Deck dengan tebal bondek 0,75 mm dan tebal pelat beton 10 cm menggunakan tulangan negatif Ø10 -200 mm.
 - Pelat lantai hotel dengan bentang 3,25 m menggunakan bondek dari Super Floor Deck dengan tebal bondek 0,75 mm dan tebal pelat beton 10 cm menggunakan tulangan negatif Ø10 -200 mm.
 - Pelat lantai hotel dengan bentang 4 m menggunakan bondek dari Super Floor Deck dengan tebal bondek 0,75 mm dan tebal pelat beton 12 cm menggunakan tulangan negatif Ø10 -140 mm.
 - Pelat beton lantai 1 memiliki tebal 15 cm.
 - Pelat beton lantai 1 dengan $l_y = 650$ cm dan $l_x = 300$ cm menggunakan tulangan tumpuan Ø12 -250 mm, tulangan lapangan Ø12 -250 mm, dan tulangan susut Ø10 -250 mm

- Pelat beton lantai 1 dengan $l_y = 800$ cm dan $l_x = 300$ cm menggunakan tulangan tumpuan $\varnothing 12$ -250 mm, tulangan lapangan $\varnothing 12$ -250 mm, dan tulangan susut $\varnothing 10$ -250 mm.
 - Pelat beton lantai 1 dengan $l_y = 900$ cm dan $l_x = 325$ cm menggunakan tulangan tumpuan $\varnothing 12$ -200 mm, tulangan lapangan $\varnothing 12$ -200 mm, dan tulangan susut $\varnothing 10$ -250 mm.
 - Pelat beton lantai 1 dengan $l_y = 900$ cm dan $l_x = 400$ cm menggunakan tulangan tumpuan $\varnothing 12$ -200 mm, tulangan lapangan $\varnothing 12$ -200 mm, dan tulangan susut $\varnothing 10$ -250 mm.
 - Dimensi balok anak atap hotel menggunakan profil WF 450 x 300 x 10 x 15.
 - Dimensi balok anak lantai hotel menggunakan profil WF 450 x 300 x 10 x 15.
 - Dimensi balok anak lantai 1 menggunakan material beton sebesar 400 x 550 mm menggunakan tulangan longitudinal tumpuan 5D19, tulangan longitudinal lapangan 3D19, dan tulangan transversal D10-200.
 - Dimensi balok penggantung lift menggunakan profil WF 450 x 200 x 7 x 11.
 - Anak tangga menggunakan pelat dengan tebal pelat 9 cm
 - Dimensi balok utama tangga menggunakan profil WF 250 x 125 x 5 x 8.
 - Dimensi balok penumpu tangga menggunakan profil WF 250 x 125 x 5 x 8.
2. Analisis struktur pada program bantu ETABS 2016 yaitu kontrol partisipasi massa, kontrol waktu getar alami fundamental, kontrol nilai akhir respon spektrum, kontrol simpangan (drift), kontrol ketidakberaturan torsi, dan kontrol sistem ganda telah memenuhi syarat yang ditentukan oleh SNI 1726:2012.
3. Struktur primer
- Dimensi balok induk arah X menggunakan profil WF 700 x 300 x 13 x 24.

- Dimensi balok induk arah Y menggunakan profil WF 700 x 300 x 13 x 24.
- Dimensi kolom pada lantai Mez – 10 menggunakan profil CFT 700 x 700 x 28.
- Dimensi kolom CFT pada lantai 11 – atap menggunakan profil CFT 650 x 650 x 28.
- Dimensi bresing BRB menggunakan profil HSS 250 x 250 x 16 sebagai *chasing*, berisi beton dengan mutu $f_c' = 30$ MPa, dan profil baja inti (*steel core*) dengan tebal 15 mm
- Dimensi balok induk lantai 1 menggunakan material beton sebesar 500 x 750 mm dengan tulangan longitudinal tumpuan 5D19, tulangan longitudinal laapangan 5D19 dan tulangan trasversal D10-180 mm.

4. Sambungan

- Sambungan balok anak atap dengan balok induk menggunakan pelat sambung L 60 x 60 x 6 dengan baut mutu A325 ukuran diameter M16 sebanyak 2 buah.
- Sambungan balok anak lantai dengan balok induk menggunakan pelat sambung L 60 x 60 x 6 dengan baut mutu A325 ukuran diameter M16 sebanyak 3 buah.
- Sambungan balok bordes dengan balok penumpu tangga menggunakan baut mutu A325 ukuran diameter M12 sebanyak 4 buah dengan lubang slot sebesar 30 mm.
- Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga menggunakan pelat sambung L 60 x 60 x 6 dengan baut mutu A325 ukuran diameter M12 sebanyak 2 buah
- Sambungan balok induk dengan kolom pada bagian badan balok menggunakan pelat sambung setebal 13 mm dengan baut mutu A490 ukuran diameter 22 mm sebanyak 5 buah dan digunakan las sudut mutu F_{E110xx} dengan tebal 13 mm. Sambungan pada bagian sayap balok menggunakan diaphragm plate setebal 15 mm dengan baut mutu A490 ukuran diameter 22 mm sebanyak 24 buah (12 buah sisi

atas dan 12 buah sisi bawah) dan digunakan las tumpul penetrasi penuh mutu FE110xx dengan tebal 1,2 cm.

- Sambungan bresing BRB dengan balok dan kolom (sisi bawah) menggunakan pelat buhul setebal 16 mm dengan baut mutu A490 diameter 22 mm sebanyak 30 buah (15 buah sisi atas sayap balok dan 15 buah sisi bawah sayap balok) dan digunakan las sudut mutu FE110xx dengan tebal 12 mm. Sambungan pada bagian BRB dengan pelat buhul menggunakan pelat sambung setebal 16 mm dengan baut mutu A490 diameter 22 mm sebanyak 10 buah. Sambungan pelat buhul BRB dengan balok (sisi atas) menggunakan pelat buhul setebal 15 mm, pelat buhul diberi 3 pengaku dengan tebal 10 mm serta diberikan las tumpul penetrasi penuh mutu FE110xx dengan tebal 6 mm.
- Sambungan antar kolom CFT menggunakan pelat sambung setebal 40 mm dengan las sudut mutu FE110xx dengan tebal 15 mm.
- Sambungan kolom dengan base plate menggunakan pelat sambung (*end plate*) setebal 50 mm, grouting setebal 25 mm dengan las sudut mutu F_{E90xx} setebal 18 mm, pada end plate dipasang angkur mutu F1554 Grade 105 diameter M20 dengan panjang 50 cm.

5. Struktur bawah

- Dimensi kolom pedestal sebesar 1000 x 1000 mm dengan tulangan longitudinal 16D32 dan tulangan transversal 4D16-110 mm.
- Dimensi sloof sebesar 450 x 650 mm menggunakan tulangan longitudinal 8D25 dan tulangan transversal 2D10-300 mm.
- Dimensi *shearwall* arah X dan Y memiliki tebal 300 mm dengan tulangan 2 lapis, tulangan horizontal 2D13-250 mm dan tulangan vertikal 2D18-250 mm.
- Dinding penahan tanah (*retaining wall*) menggunakan jenis *cantilever wall* dengan dimensi tinggi 3700 mm dan

footing sepanjang 3500 mm setebal 600 mm. Tulangan pada bagian *toe* dan *heel* dinding penahan menggunakan D19-125 mm, tulangan pada bagian stem dinding penahan menggunakan D16-100 mm.

- Dimensi pelat *basement* memiliki tebal 220 mm
- Pelat beton *basement* dengan $l_y = 900$ cm dan $l_x = 800$ cm menggunakan tulangan arah X Ø16-100 mm dan tulangan arah Y Ø16 -140 mm.
- Pelat beton *basement* dengan $l_y = 900$ cm dan $l_x = 650$ cm menggunakan tulangan arah X Ø16-100 mm dan tulangan arah Y Ø16 -140 mm.
- Pelat beton *basement* dengan $l_y = 650$ cm dan $l_x = 300$ cm menggunakan tulangan arah X Ø16-150 mm dan tulangan arah Y Ø16 -150 mm.
- Pelat beton *basement* dengan $l_y = 800$ cm dan $l_x = 300$ cm menggunakan tulangan arah X Ø16-100 mm dan tulangan arah Y Ø16 -150 mm.
- Pondasi menggunakan tiang pancang (*spun pile*) produksi dari PT. WIKA Beton dengan diameter 600 mm dan kedalaman tiang mencapai 28 m dengan modul panjang tiang pancang masing-masing 10 m, 10, dan 8 m.
- Poer tipe 1 memiliki dimensi 3600 x 3600 x 1000 mm dengan tulangan atas arah sumbu X D19-100 mm, tulangan bawah arah sumbu X D25-100 mm, tulangan atas arah sumbu Y D19-100 mm, dan tulangan bawah arah sumbu Y D25-100 mm.
- Poer tipe 2 memiliki dimensi 3000 x 3600 x 1000 mm dengan tulangan atas arah sumbu X D19-100 mm, tulangan bawah arah sumbu X D25-100 mm, tulangan atas arah sumbu Y D19-100 mm, dan tulangan bawah arah sumbu Y D25-100 mm.
- Poer tipe 3 memiliki dimensi 5400 x 4000 x 1000 mm dengan tulangan atas arah sumbu X D19-95 mm, tulangan bawah arah sumbu X D25-95 mm, tulangan atas arah

sumbu Y D19-95 mm, dan tulangan bawah arah sumbu Y D25-95 mm.

- Poer tipe 4 memiliki dimensi 10500 x 2800 x 1000 mm dengan tulangan atas arah sumbu X D22-100 mm, tulangan bawah arah sumbu X D32-100 mm, tulangan atas arah sumbu Y D22-100 mm, dan tulangan bawah arah sumbu Y D32-100 mm.
- Poer tipe 5 memiliki dimensi 15000 x 3000 x 1000 mm dengan tulangan atas arah sumbu X D19-90 mm, tulangan bawah arah sumbu X D25-90 mm, tulangan atas arah sumbu Y D19-90 mm, dan tulangan bawah arah sumbu Y D25-90 mm.

5.2 Saran

Saran untuk Tugas Akhir ini adalah :

1. Diharapkan perencanaan bangunan gedung dengan sistem struktur *buckling restrained braced frames* (BRBF) ini dapat menjadi rujukan dan inovasi pada perancangan gedung di Indonesia.
2. Dapat dilakukan studi perencanaan lebih lanjut mengenai aspek teknis, ekonomis dan estetika agar perencanaan ini lebih efektif dan efisien sehingga dapat diaplikasikan di kondisi sesungguhnya.

DAFTAR PUSTAKA

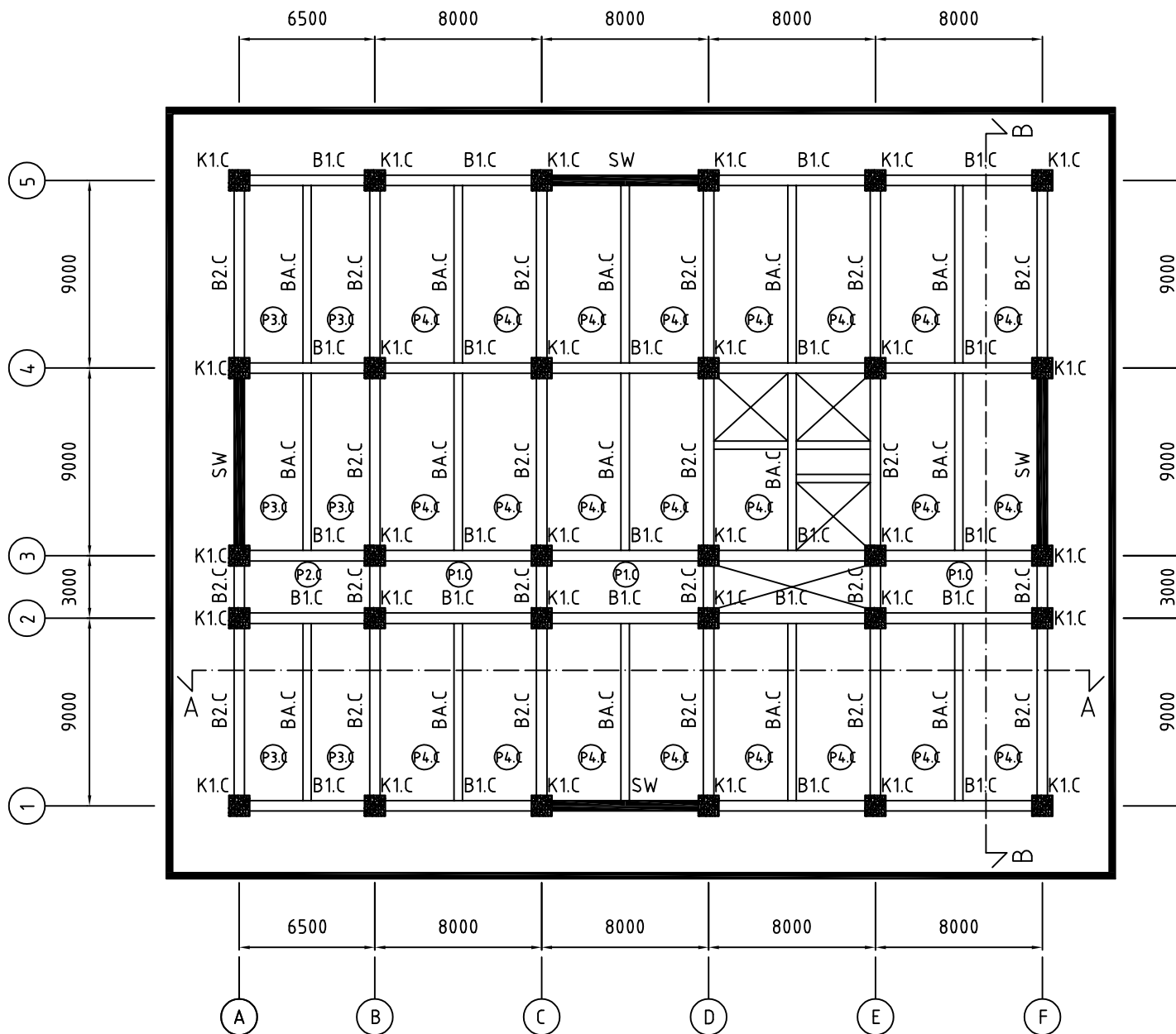
- Ali, Ammar A., Sadik, Saad N., Abdul-Sahib, Wael S. 2012. **Strength and Ductility of Concrete Encased Composite Beams**. Baghdad : Eng. & Tech. Journal, Vol. 30, No. 15
- American Institute of Steel Construction (AISC), 2005. **Seismic Provision for Structural Steel Buildings**. AISC, Inc.
- American Institute of Steel Construction (AISC), 2010. **Seismic Provision for Structural Steel Buildings**. AISC, Inc.
- American Institute of Steel Construction (AISC), 2016. **Seismic Provision for Structural Steel Buildings**. AISC, Inc.
- Amin, Abd El-Moniem M., Fadel, Ashraf M., Gaawan, M., Darwish, Reda A. 2016. **Assessment the Limit of Steel Core Area in the Encased Composite Column**. Mesir : ISSN: 2248-9622, Vol. 6, Issue 1, (Part - 3)
- Andarini, Rhonita D. dan Moestopo, Muslinang. 2013. **Perencanaan Struktur Rangka Baja Dengan Bresing Tahan Tekuk**. Bandung : Jurnal Teknik Sipil ITB, Vol. 20, No. 3
- Andrianie, N. 2003. **Perencanaan dan Evaluasi Daktilitas Gedung Baja Dual System Antara Special Moment Resisiting Frame Dengan Sistem Rangka Pengaku Konsentris Tipe Two-Story X-Braced Frame**. Surabaya : Laporan Penelitian.
- Apriani, W. 2012. **Analisis Buckling Restrained Braced System Sebagai Retrofitting Pada Bangunan beton Bertulang Akibat Gempa Kuat**. Depok : Laporan Penelitian Universitas Indonesia
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 1726:2012)**. Bandung : BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. **Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002)**. Bandung : BSN

- Badan Standarisasi Nasional. 2013. **Beban Minimum Gedung dan Struktur Lain (SNI 03-1727-2013)**. Bandung : BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. **Spesifikasi untuk Bangunan Baja Struktural (SNI 1729:2015)**. Bandung : BSN
- Badrauddin, I.S, B.Suswanto, dan H.Soegiharjo. 2013. **Studi Perbandingan Beberapa Bentuk Penampang Bresing Anti Tekuk Pada Struktur Bangunan Baja Akibat Beban Gempa Dengan Menggunakan Software MIDAS FEA**. Surabaya : Jurnal Teknik Pomits Vol. 1.
- Bertero, Vitelmo. and Bozorgnia, Yousef. 2004. **Earthquake Engineering from Engineering Seismology to Performance-Based Engineering**. California : CRC press.
- Bowles, Joseph E. 1988. **Analisis dan Desain Pondasi Edisi Keempat Jilid 2**. Jakarta : Erlangga.
- Bruneau, M., et all. 1998. **Ductile Design Of Steel Structures**. New York : Mc-Graw Hill.
- Chen, C.C., Chen, S.Y. and Liaw, J.J. 2001. **Application of Low Yield Strength Steel on Controlled Plastification Ductile Concentrically Braced Frames**. Kanada : Journal of Civil Engineering
- Cosenza, Edoardo., Sarno, Luigi Di., Fabbrocino, Giovanni., dan Pecce, Marissa. 2014. **Composite Steel and Concrete Structures: Technology and Design**. Italia : Conference Paper
- Deierlein, Gregory dan Noguchi, Hiroshi. 2000. **Research On Rc/Src Column Systems**. Jepang : *Faculty of Engineering, Chiba University*
- Deulkar, W., Modhera, C., & Patil, H. 2010. **Buckling Restrained Braces for Vibration Control of Building Structures**. IJRRAS 4.
- Dewobroto, Wiryanto. 2006. **Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000**. Jakarta : Jurnal Teknik Sipil, Vol. 3, No. 1

- Eggemann, Holger. 2003. **Development of composite columns. Emperger's effort**. Madrid : Proceedings of the First International Congress on Construction History
- El-Tawil, Sherif dan Deierlein, Gregory. 1999. **Strength And Ductility Of Concrete Encased Composite Columns**. Amerika : J. Struct. Eng., 1999, 125(9): 1009-1019
- Elakeya, U., Bhuvanesh, A., dan Gajalakshmi, P. 2016. **Study on the Structural Behavior of Concrete Encased Steel Composite Members**. Polandia : ISSN 0974-5904, Volume 09, No. 03.
- Ellobody, Ehab. dan Young, Ben. 2010. **Investigation of concrete encased steel composite columns at elevated temperatures**. Hong Kong : Thin-Walled Structures 48 (2010) 597–608
- Fujimoto, Toshiaki., Kuramoto, Hiroshi., Matsui, Tomoya. 2008. **Seismic Performance Of Columns And Beam-Column Joints Incomposite Ces Structural System**. Beijing : The 14th World Conference on Earthquake Engineering
- Hanswille, Gerhard. 2008. **Background and Applications Dissemination of Information for Training**. Brussels : Eurocode 4 Composite Columns.
- Iwata, M., Kato, T. dan Wada, A. 2000. **Buckling-Restrained Braces as Hysteretic Dampers**. Montreal : Proc. International Conference.
- Lahamukang, Krisantus M., Pah, Jusuf J.S., Messah, Yunita A. 2014. **Kuat Geser Komposit Baja – Beton Dengan Variasi Bentuk Penghubung Geser Ditinjau Dari Uji Geser Murni**. Kupang : Jurnal Teknik Sipil Vol. III, No.1
- Paulino, M.R. 2010. **Preliminary Design Of Tall Buildings**. Thesis of Worchester Polytechnic Institute.
- Sabelli, Rafael. dan Lopez, Walterio . 2004. **Design of Buckling-Restrained Braced Frames**. Amerika Utara : Steel Construction Conference.

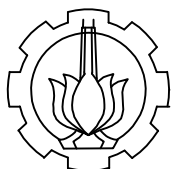
- Soehaimi, A. 2008. **Seismotektonik dan Potensi Kegempaan Wilayah Jawa**. Bandung : Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 3 No. 4.
- Wagh, Shweta A. dan Waghe, U. P. 2014. **Comparative Study of R.C.C and Steel Concrete Composite Structures. India** : ISSN : 248-9622, Vol. 4, Issue 4 (Version 1).
- Tremblay, R., Degrange, G. dan Blouin, J. 1999. **Seismic Rehabilitation of a Four Storey Building with a Stiffened Bracing System**. Kanada : Proc. 8th Canadian Conference on Earthquake Engineering.
- Xie, Q. 2005. **State of the Art Buckling-Restrained Braces in Asia**. Journal of Constructional Steel Researches.

LAMPIRAN



KETERANGAN :	
SHEARWALL	TEBAL
SW	300 mm
BALOK INDUK	DIMENSI
B1.C	500 x 750 mm
B2.C	500 x 750 mm
BALOK ANAK	DIMENSI
BA.C	400 x 550 mm
KOLOM	DIMENSI
K1.C	1000 x 1000 mm
PELAT	TEBAL
P1.C	150 mm
P2.C	150 mm
P3.C	150 mm
P4.C	150 mm


DENAH PEMBALOKAN
LANTAI 1
SKALA 1 : 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

DENAH
PEMBALOKAN
LANTAI 1

Skala

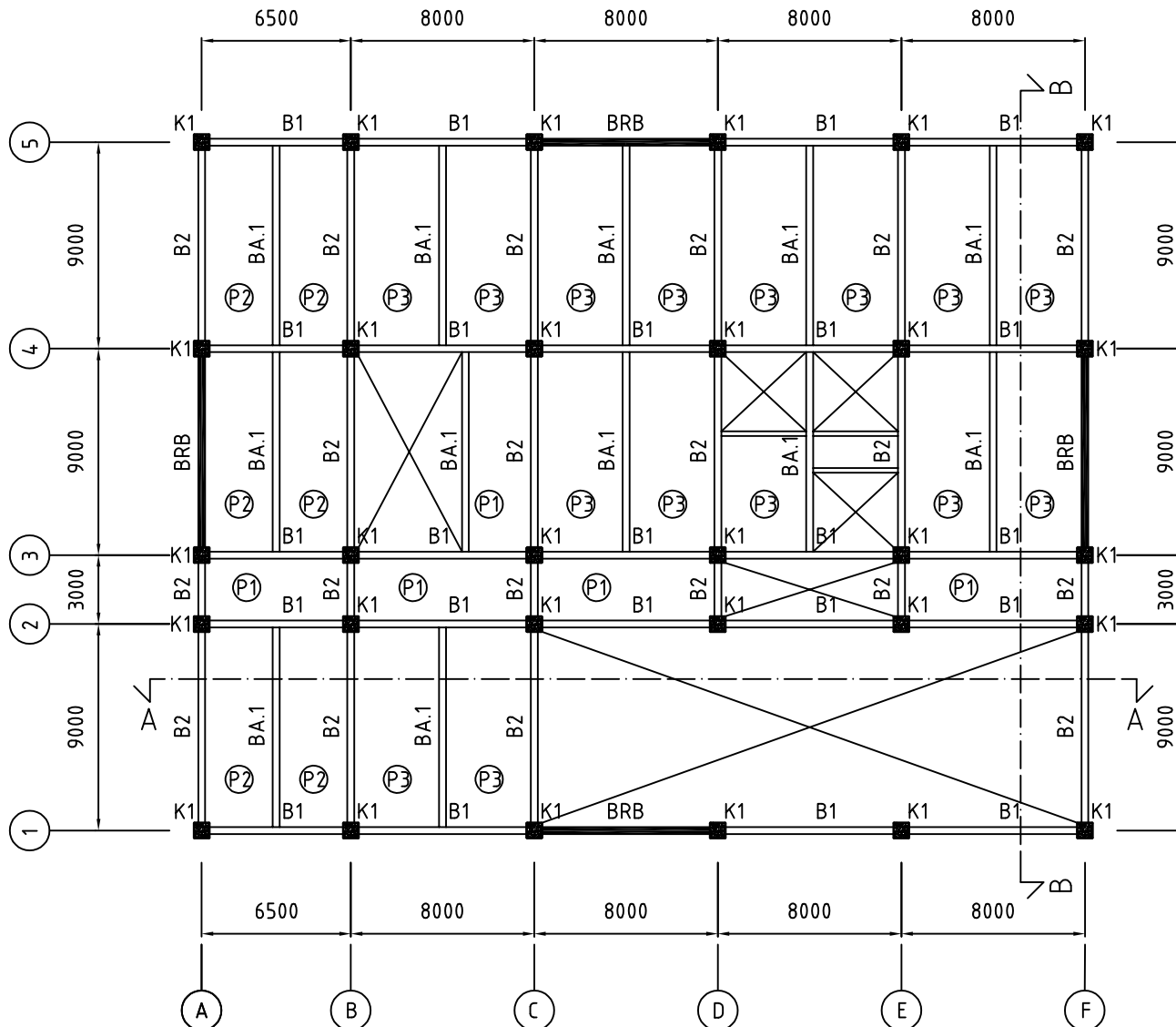
1 : 300

No. Lembar

1

Jml. Lembar

47



KETERANGAN :	
BRESING BRB	DIMENSI PROFIL
BRB	HSS 250 X 250 X 16
BALOK INDUK	DIMENSI PROFIL
B1	WF 700 X 300 X 13 X 24
B2	WF 700 X 300 X 13 X 24
BALOK ANAK	DIMENSI PROFIL
BA.1	WF 450 X 300 X 10 X 15
KOLOM	DIMENSI PROFIL
K1	CFT 700 X 700 X 28
PELAT	TEBAL
P1	100 mm
P2	100 mm
P2	120 mm


 DENAH PEMBALOKAN
 LANTAI MEZ
 SKALA 1 : 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
 03111440000061

Nama Gambar

DENAH
 PEMBALOKAN
 LANTAI
 MEZZANINE

Skala

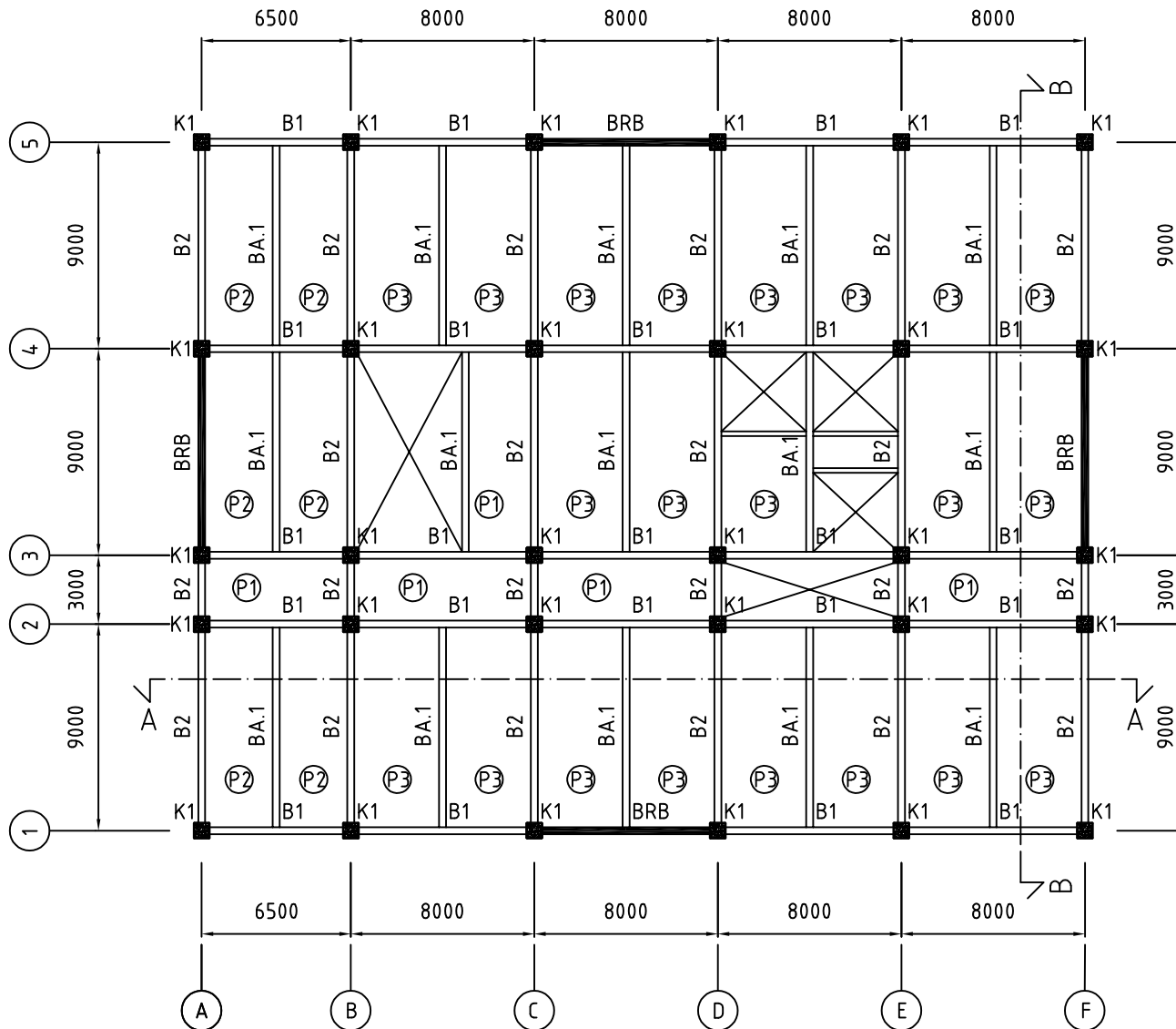
1 : 300

No. Lembar

2

Jml. Lembar

47



KETERANGAN :	
BRESING BRB	DIMENSI PROFIL
BRB	HSS 250 X 250 X 16
BALOK INDUK	DIMENSI PROFIL
B1	WF 700 X 300 X 13 X 24
B2	WF 700 X 300 X 13 X 24
BALOK ANAK	DIMENSI PROFIL
BA.1	WF 450 X 300 X 10 X 15
KOLOM	DIMENSI PROFIL
K1	CFT 700 X 700 X 28
PELAT	TEBAL
P1	100 mm
P2	100 mm
P3	120 mm


**DENAH PEMBALOKAN
LANTAI 2**
 SKALA 1 : 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
 03111440000061

Nama Gambar

DENAH
 PEMBALOKAN
 LANTAI 2

Skala

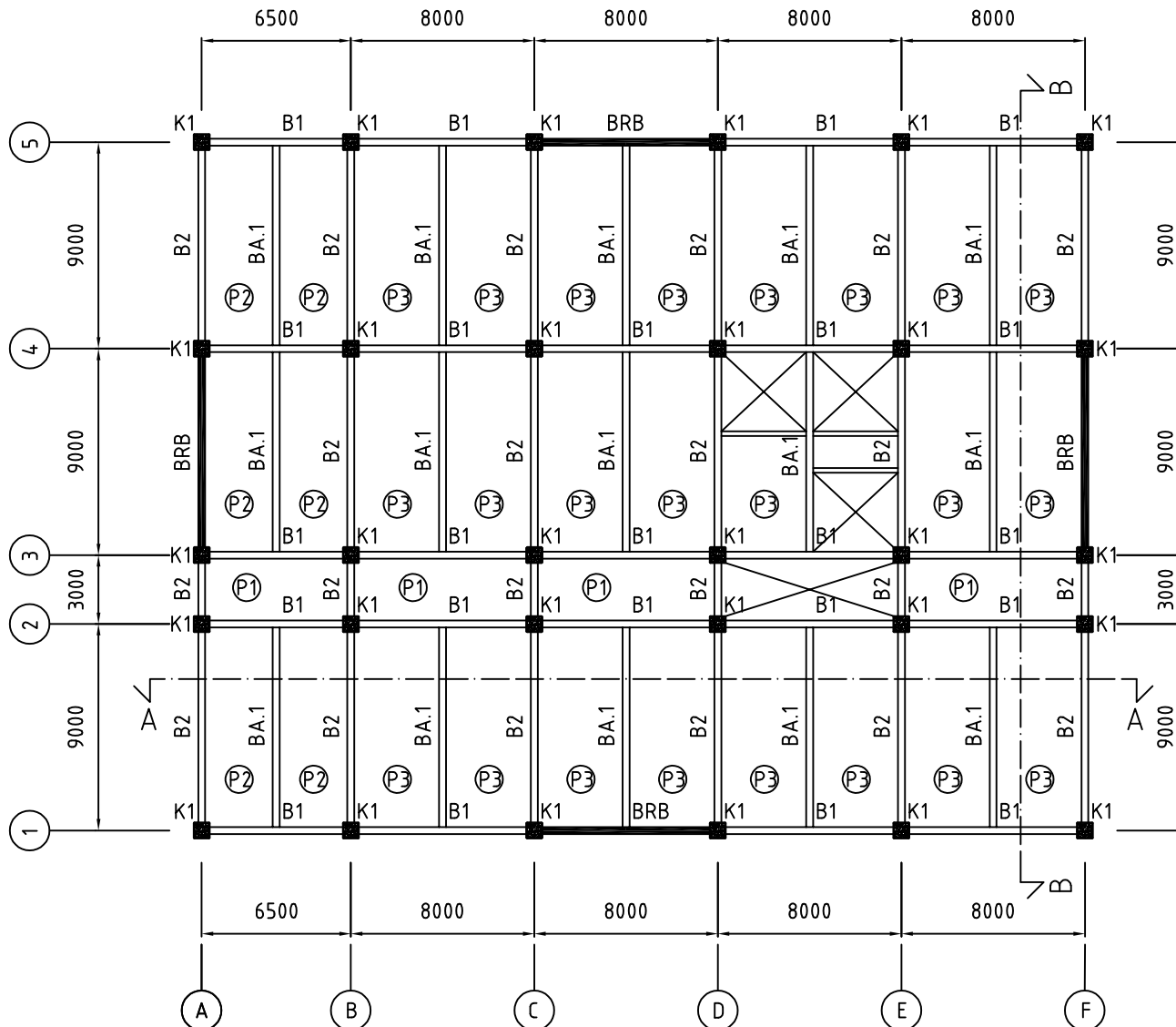
1 : 300

No. Lembar

3

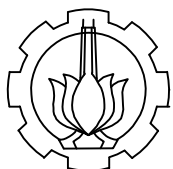
Jml. Lembar

47



KETERANGAN :	
BRESING BRB	DIMENSI PROFIL
BRB	HSS 250 X 250 X 16
BALOK INDUK	DIMENSI PROFIL
B1	WF 700 X 300 X 13 X 24
B2	WF 700 X 300 X 13 X 24
BALOK ANAK	DIMENSI PROFIL
BA.1	WF 450 X 300 X 10 X 15
KOLOM	DIMENSI PROFIL
K1	CFT 700 X 700 X 28
PELAT	TEBAL
P1	100 mm
P2	100 mm
P3	120 mm


DENAH PEMBALOKAN
LANTAI 3-9
SKALA 1 : 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

DENAH
PEMBALOKAN
LANTAI 3-9

Skala

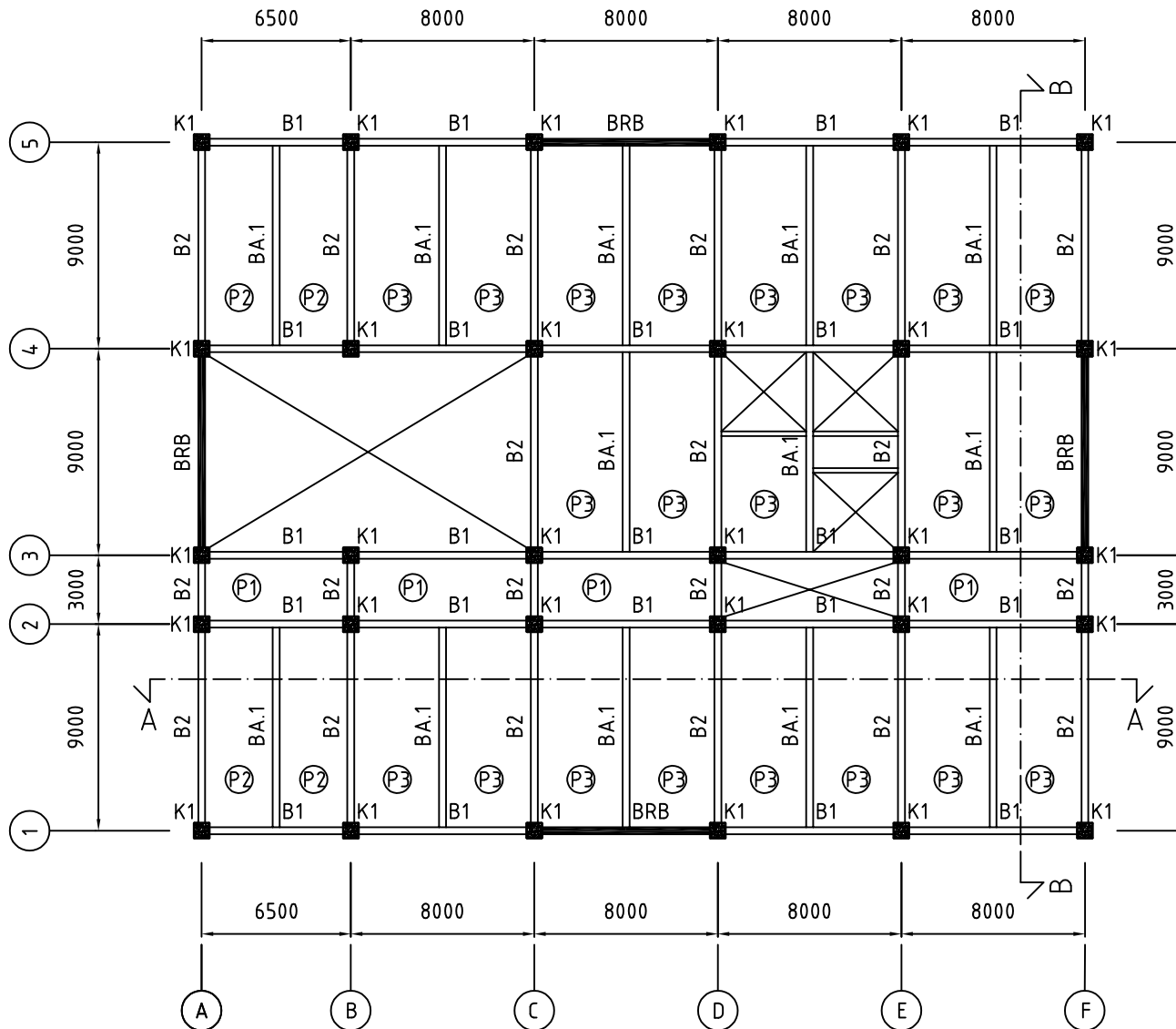
1 : 300

No. Lembar

4

Jml. Lembar

47



KETERANGAN :	
BRESING BRB	DIMENSI PROFIL
BRB	HSS 250 X 250 X 16
BALOK INDUK	DIMENSI PROFIL
B1	WF 700 X 300 X 13 X 24
B2	WF 700 X 300 X 13 X 24
BALOK ANAK	DIMENSI PROFIL
BA.1	WF 450 X 300 X 10 X 15
KOLOM	DIMENSI PROFIL
K1	CFT 700 X 700 X 28
PELAT	TEBAL
P1	100 mm
P2	100 mm
P3	120 mm


**DENAH PEMBALOKAN
LANTAI 10**
 SKALA 1 : 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
 03111440000061

Nama Gambar

DENAH
 PEMBALOKAN
 LANTAI 10

Skala

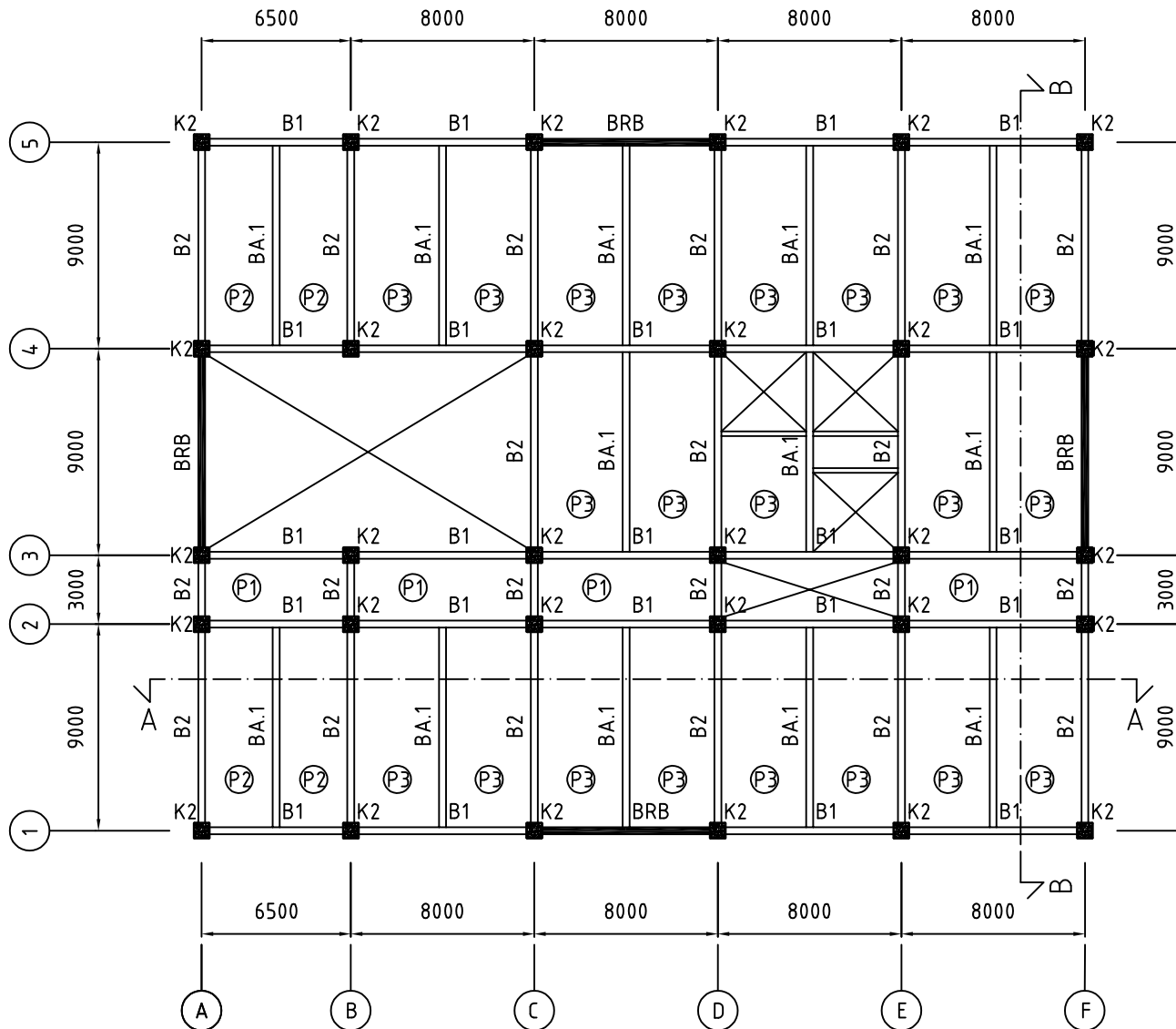
1 : 300

No. Lembar

5

Jml. Lembar

47



KETERANGAN :	
BRESING BRB	DIMENSI PROFIL
BRB	HSS 250 X 250 X 16
BALOK INDUK	DIMENSI PROFIL
B1	WF 700 X 300 X 13 X 24
B2	WF 700 X 300 X 13 X 24
BALOK ANAK	DIMENSI PROFIL
BA.1	WF 450 X 300 X 10 X 15
KOLOM	DIMENSI PROFIL
K2	CFT 650 X 650 X 28
PELAT	TEBAL
P1	100 mm
P2	100 mm
P3	120 mm


DENAH PEMBALOKAN
LANTAI 11-13
SKALA 1 : 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

DENAH
PEMBALOKAN
LANTAI 11-13

Skala

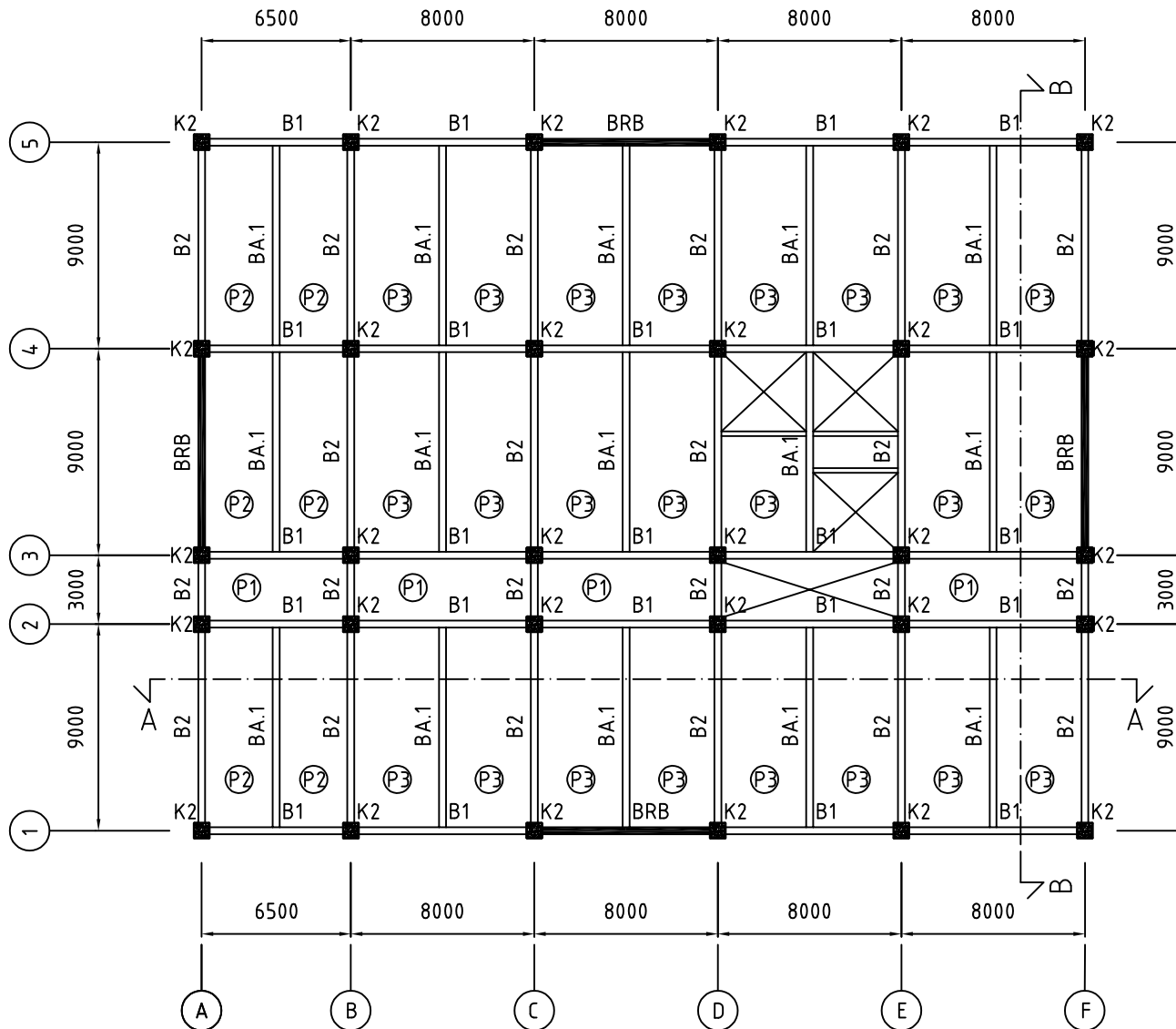
1 : 300

No. Lembar

6

Jml. Lembar

47



KETERANGAN :	
BRESING BRB	DIMENSI PROFIL
BRB	HSS 250 X 250 X 16
BALOK INDUK	DIMENSI PROFIL
B1	WF 700 X 300 X 13 X 24
B2	WF 700 X 300 X 13 X 24
BALOK ANAK	DIMENSI PROFIL
BA.1	WF 450 X 300 X 10 X 15
KOLOM	DIMENSI PROFIL
K2	CFT 650 X 650 X 28
PELAT	TEBAL
P1	100 mm
P2	100 mm
P3	120 mm


DENAH PEMBALOKAN
LANTAI 14
SKALA 1 : 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

DENAH
PEMBALOKAN
LANTAI 14

Skala

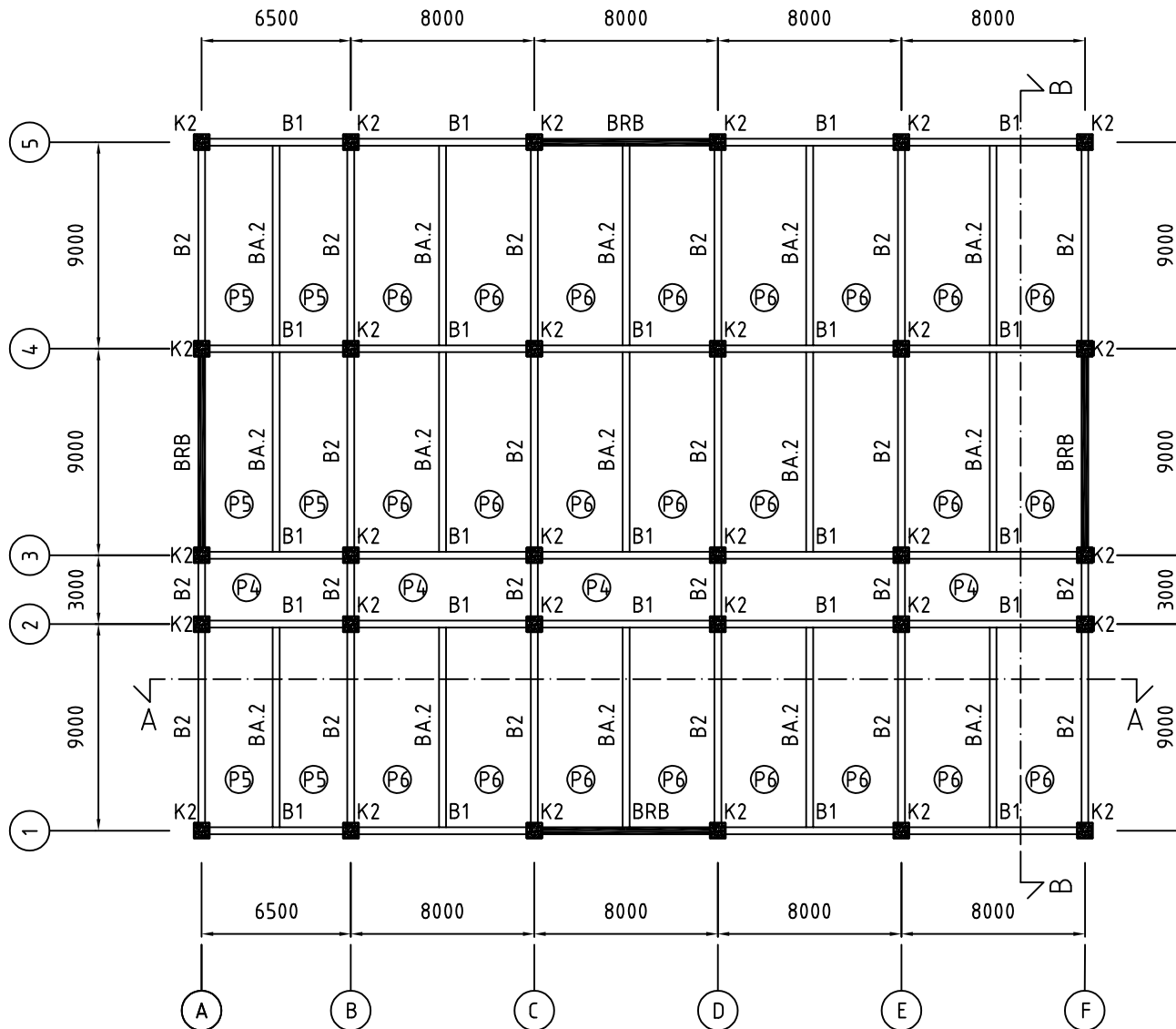
1 : 300

No. Lembar

7

Jml. Lembar

47



KETERANGAN :	
BRESING BRB	DIMENSI PROFIL
BRB	HSS 250 X 250 X 16
BALOK INDUK	DIMENSI PROFIL
B1	WF 700 X 300 X 13 X 24
B2	WF 700 X 300 X 13 X 24
BALOK ANAK	DIMENSI PROFIL
BA.2	WF 450 X 300 X 10 X 15
KOLOM	DIMENSI PROFIL
K2	CFT 650 X 650 X 28
PELAT	TEBAL
P4	90 mm
P5	100 mm
P6	120 mm


 DENAH PEMBALOKAN
 ATAP
 SKALA 1 : 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
 03111440000061

Nama Gambar

DENAH
 PEMBALOKAN
 ATAP

Skala

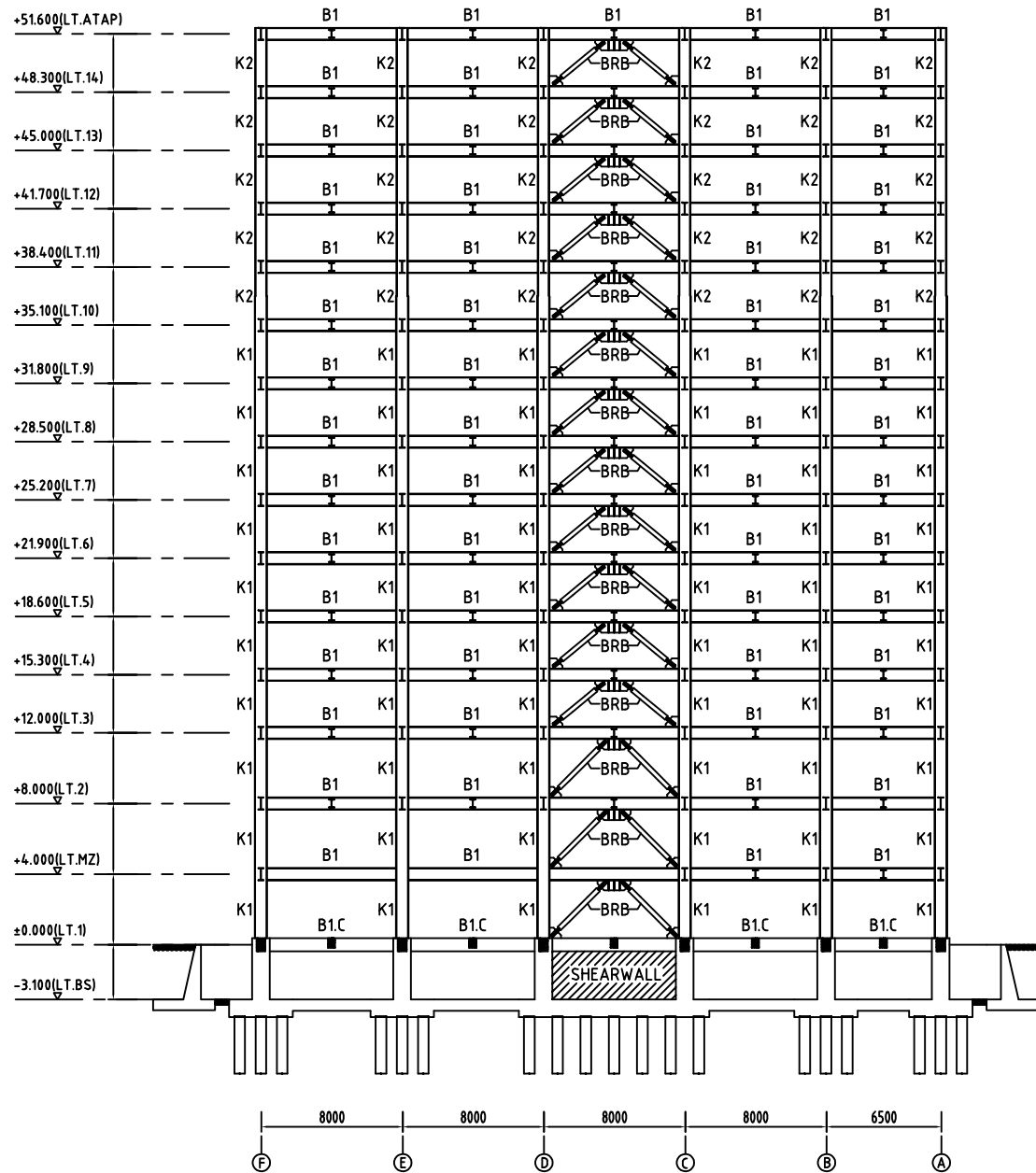
1 : 300

No. Lembar

8

Jml. Lembar

47



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

POTONGAN A-A

Skala

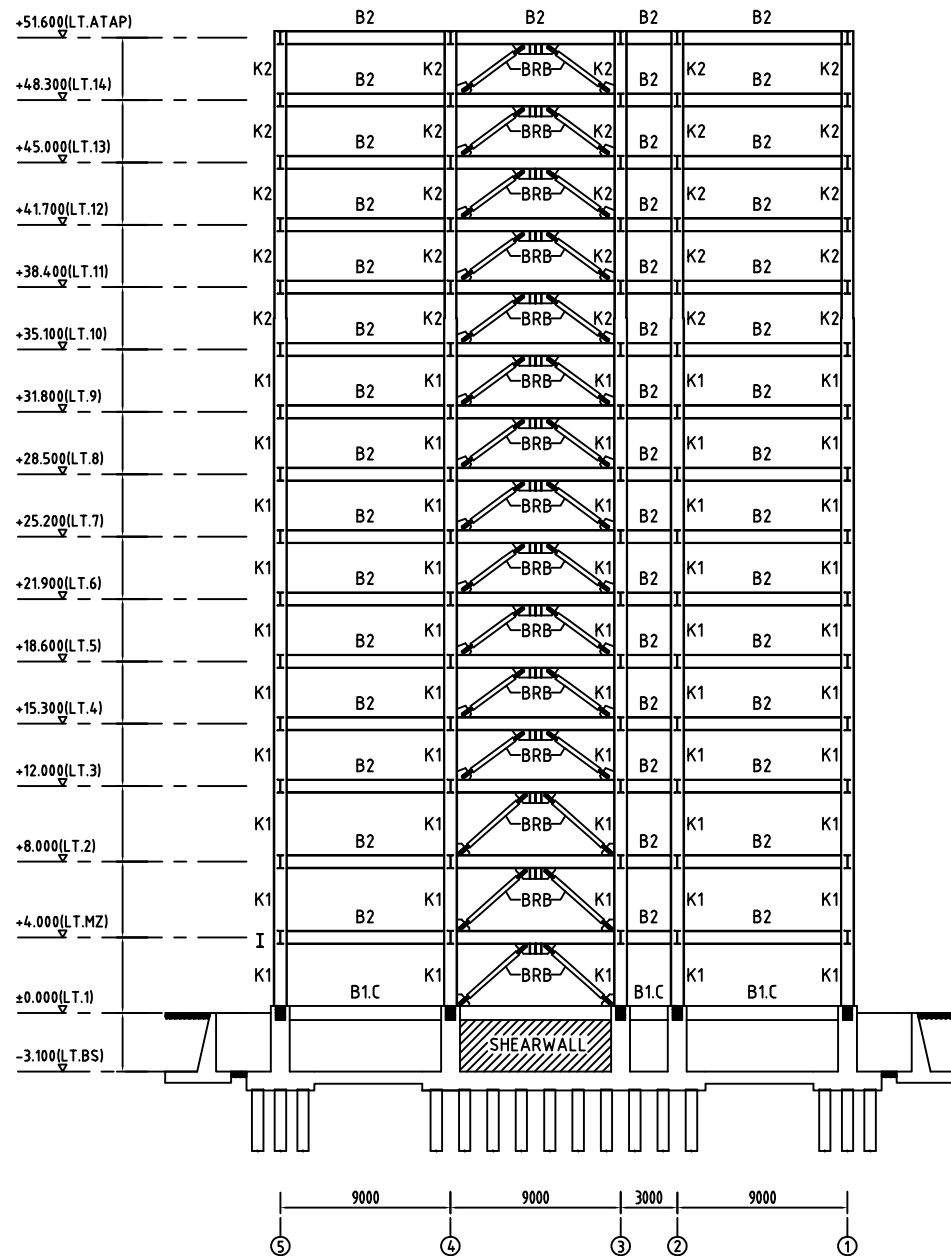
1 : 300

No. Lembar

9

Jml. Lembar

47



POTONGAN B-B
SKALA 1 : 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

POTONGAN B-B

Skala

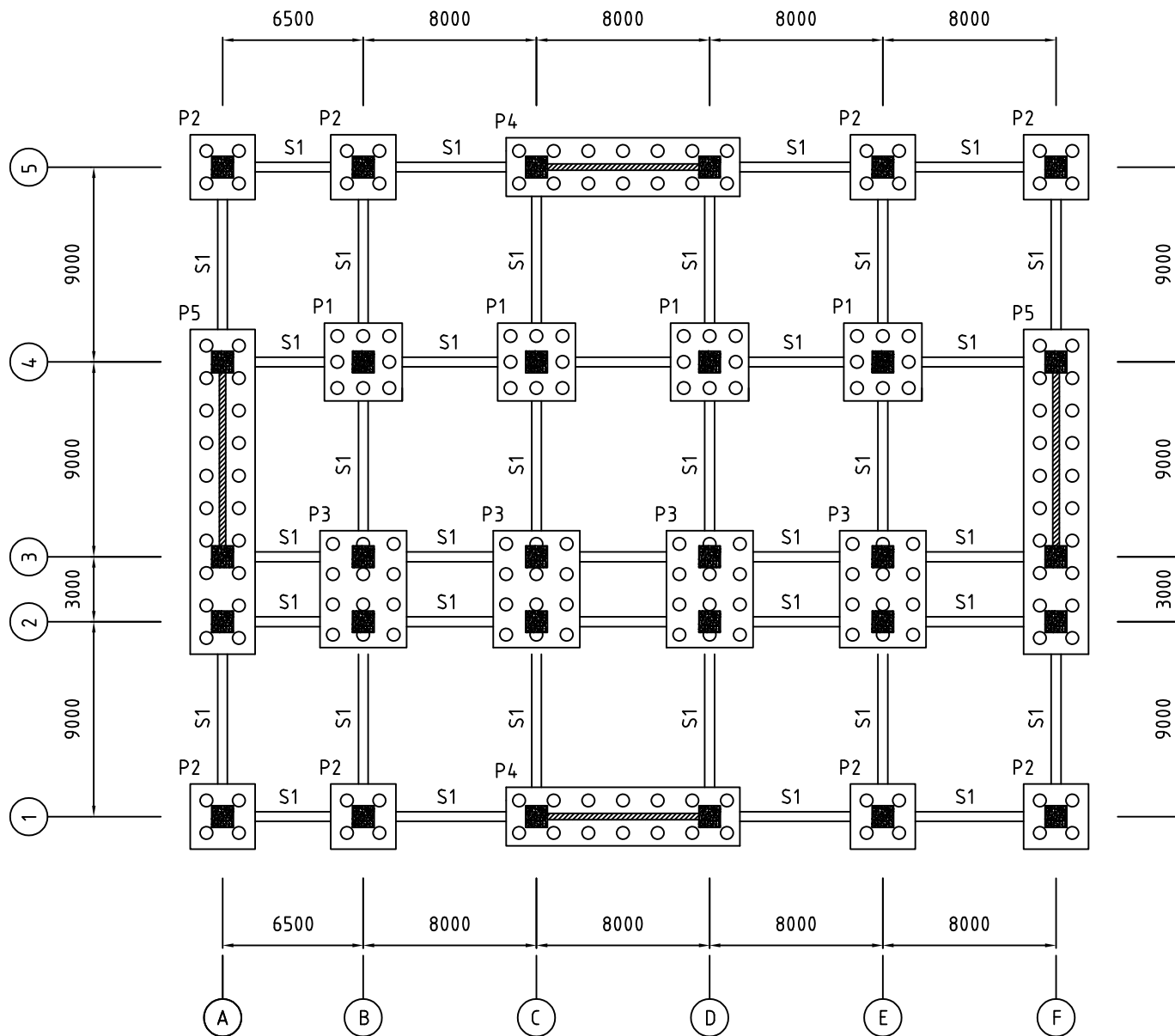
1 : 300

No. Lembar

10

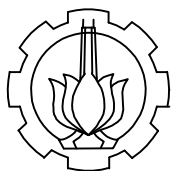
Jml. Lembar

47



KETERANGAN :	
SLOOF	DIMENSI
S1	450 x 650 mm
POER/PILECAP	DIMENSI
P1	3600 x 3600 x 1000 mm
P2	3000 x 3000 x 1000 mm
P3	5400 x 4000 x 1000 mm
P4	10500 x 2800 x 1000 mm
P5	15000 x 3000 x 1000 mm


DENAH PONDASI
 SKALA 1 : 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
 03111440000061

Nama Gambar

DENAH
 PONDASI

Skala

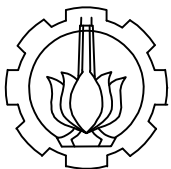
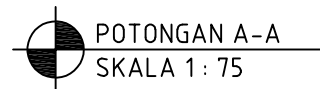
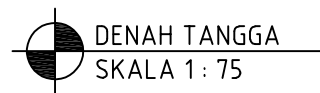
1 : 300

No. Lembar

11

Jml. Lembar

47



JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

DENAH TANGGA
POTONGAN A-A
DETAIL A
DETAIL B

Skala

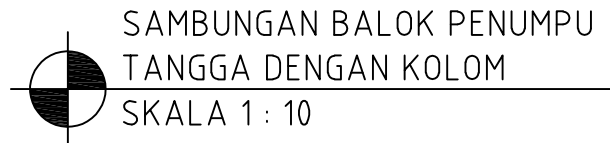
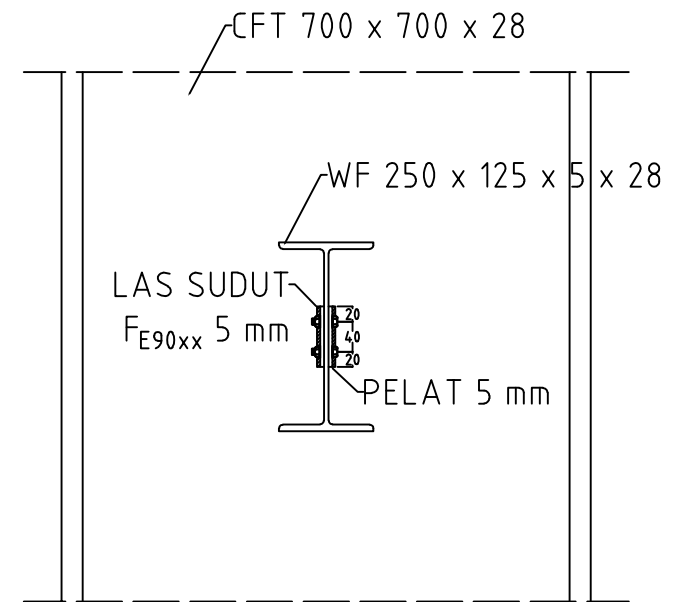
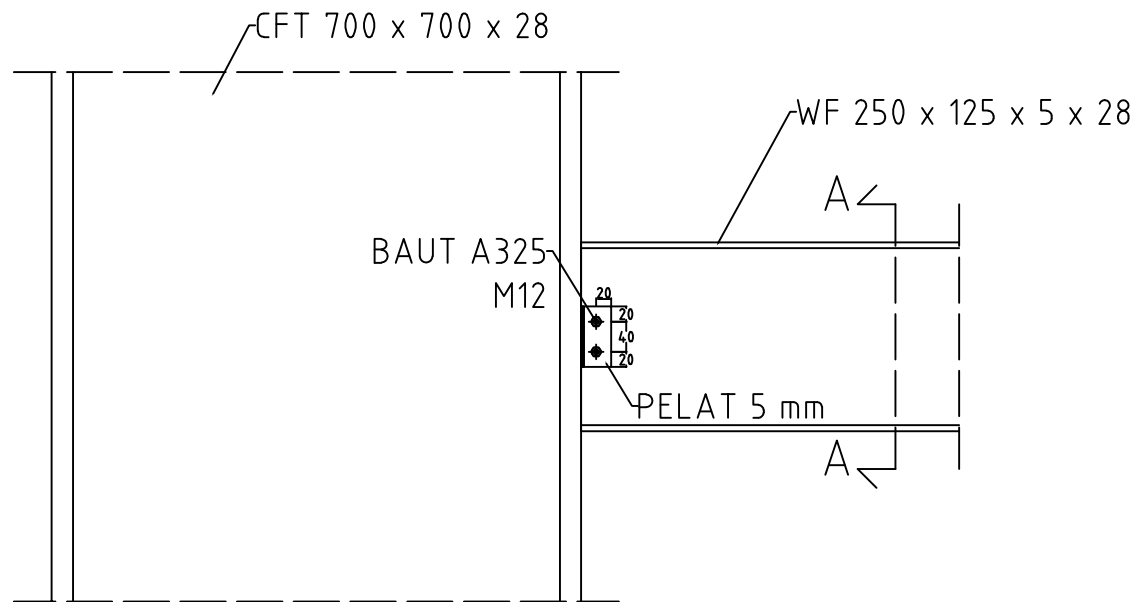
1 : 75
1 : 75
1 : 15
1 : 15

No. Lembar

12

Jml. Lembar

47



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
0311144000061

Nama Gambar

SAMBUNGAN
BALOK PENUMPU
TANGGA DENGAN
KOLOM

Skala

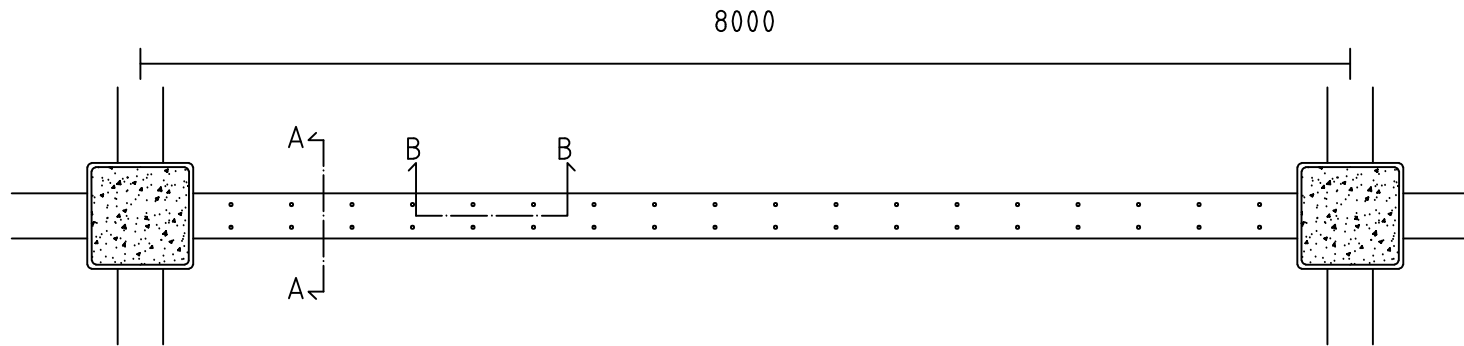
1 : 10

No. Lembar

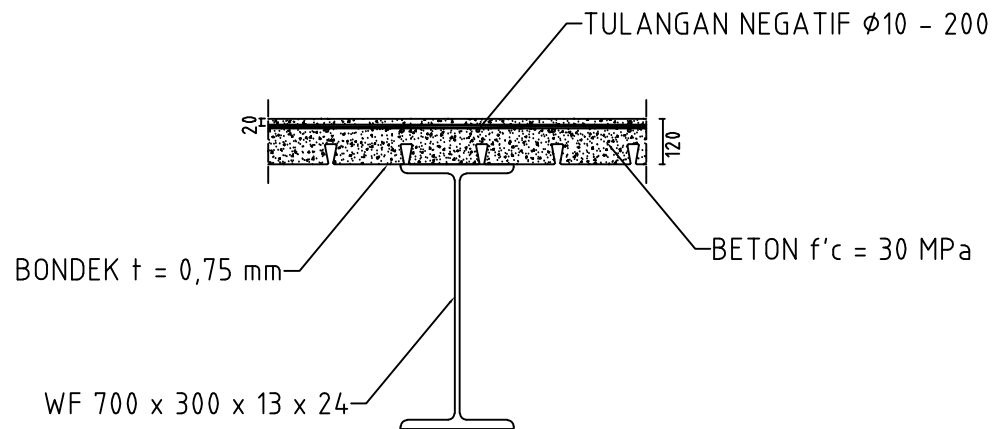
13

Jml. Lembar

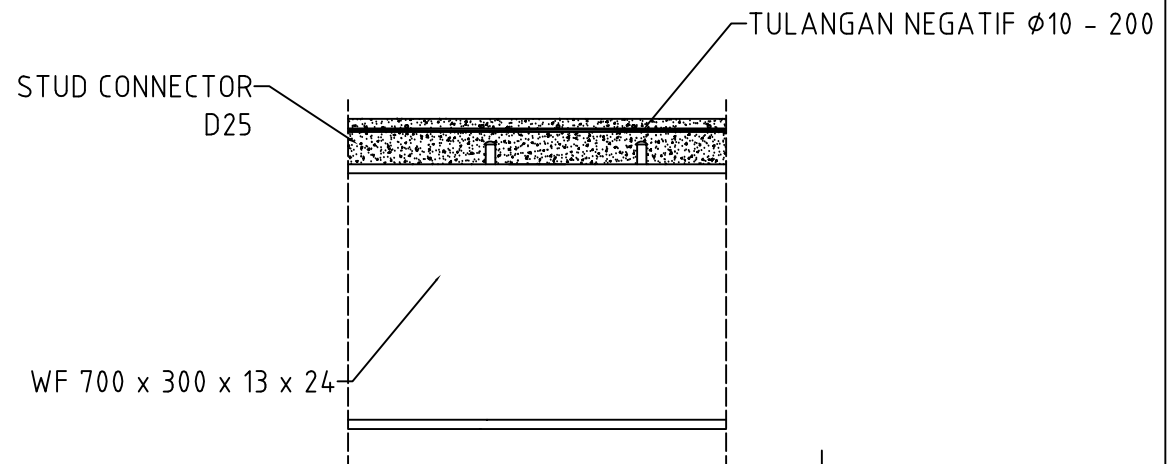
47



 BALOK INDUK ARAH X
SKALA 1 : 50



 POTONGAN A-A
SKALA 1 : 20



 POTONGAN B-B
SKALA 1 : 20



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
0311144000061

Nama Gambar

BALOK INDUK
ARAH X
POTONGAN A-A
POTONGAN B-B

Skala

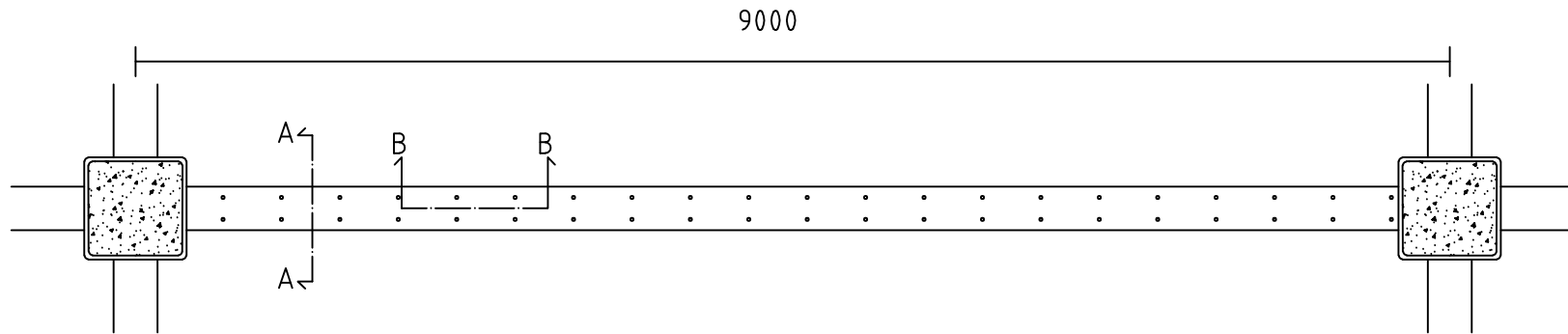
1 : 50
1 : 20
1 : 20

No. Lembar

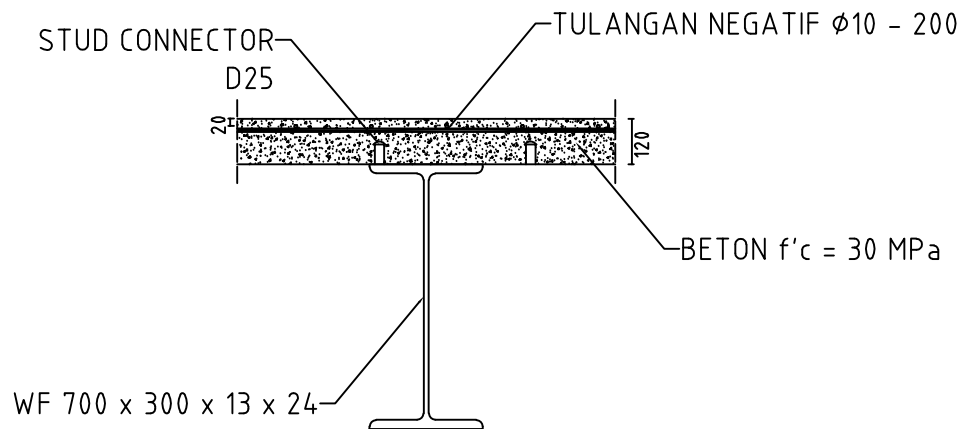
14

Jml. Lembar

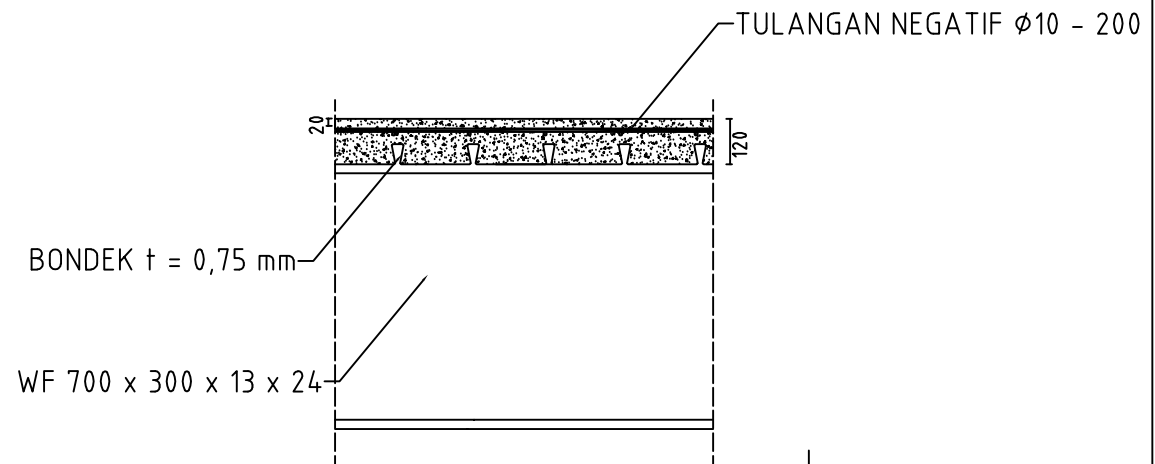
47



 BALOK INDUK ARAH Y
SKALA 1 : 50



 POTONGAN A-A
SKALA 1 : 20



 POTONGAN B-B
SKALA 1 : 20



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
0311144000061

Nama Gambar

BALOK INDUK
ARAH Y
POTONGAN A-A
POTONGAN B-B

Skala

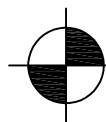
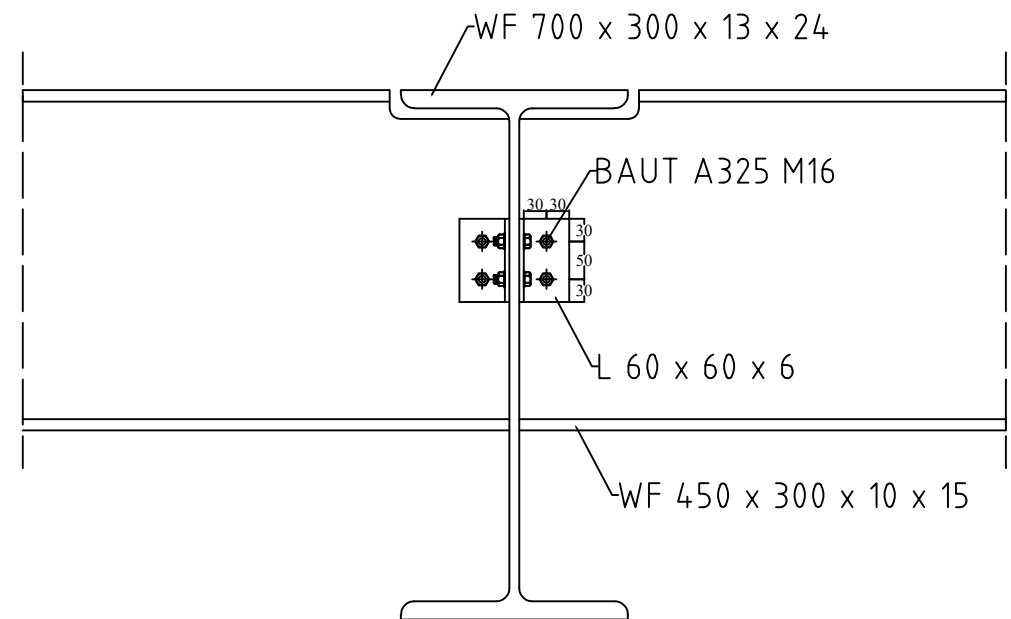
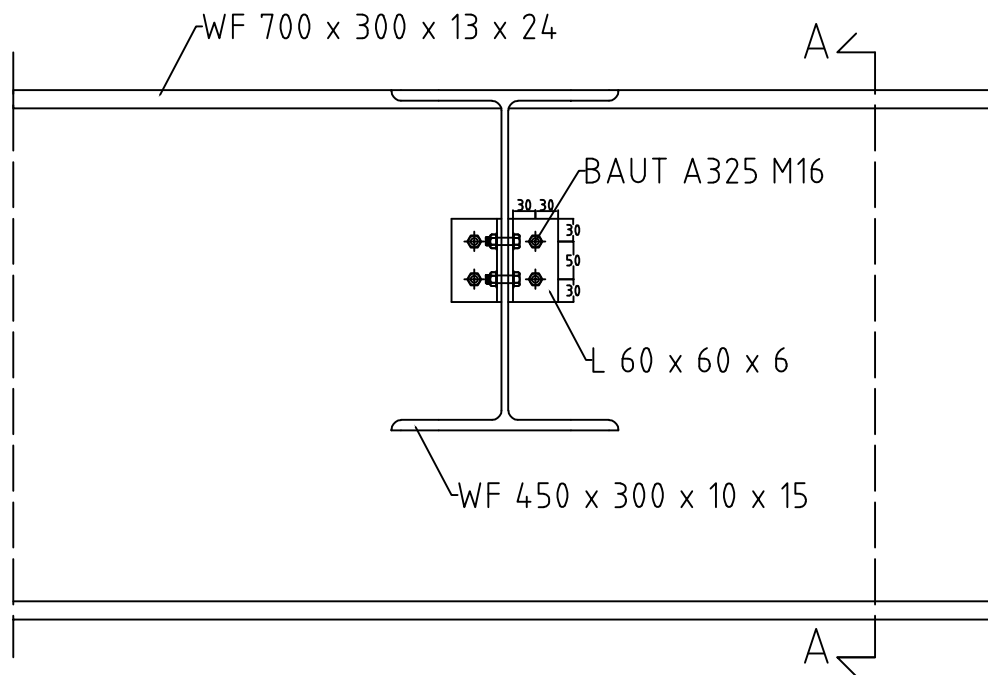
1 : 50
1 : 20
1 : 20

No. Lembar

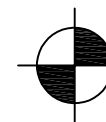
15

Jml. Lembar

47



SAMBUNGAN BALOK INDUK DAN BALOK ANAK ATAP
SKALA 1 : 10



POTONGAN A - A
SKALA 1 : 10



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

SAMBUNGAN
BALOK INDUK &
BALOK ANAK
ATAP

Skala

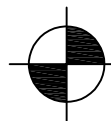
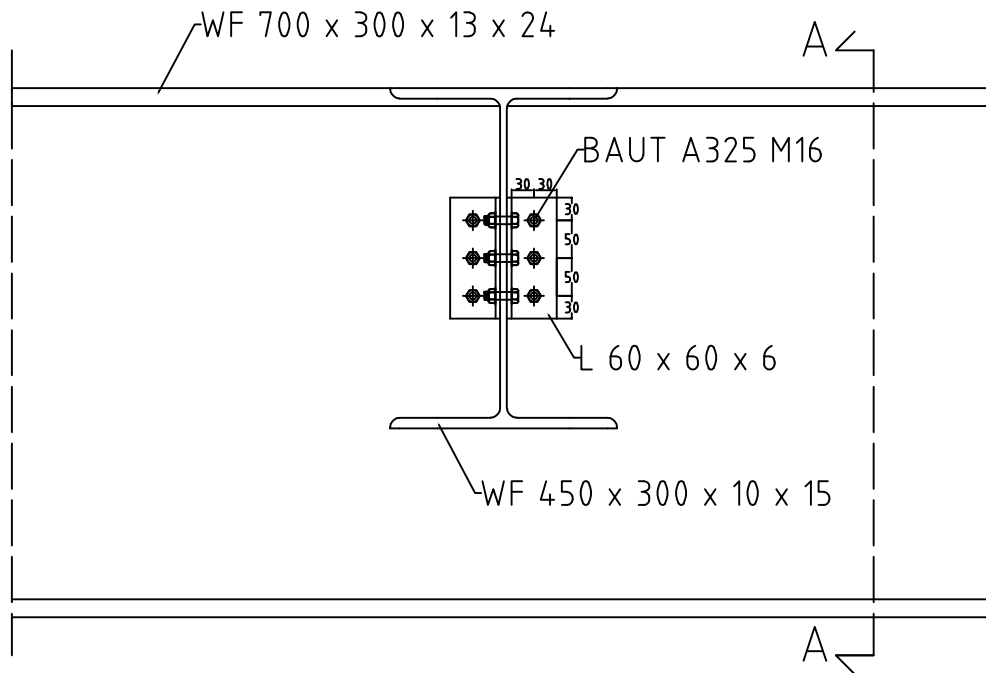
1 : 10

No. Lembar

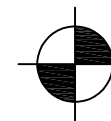
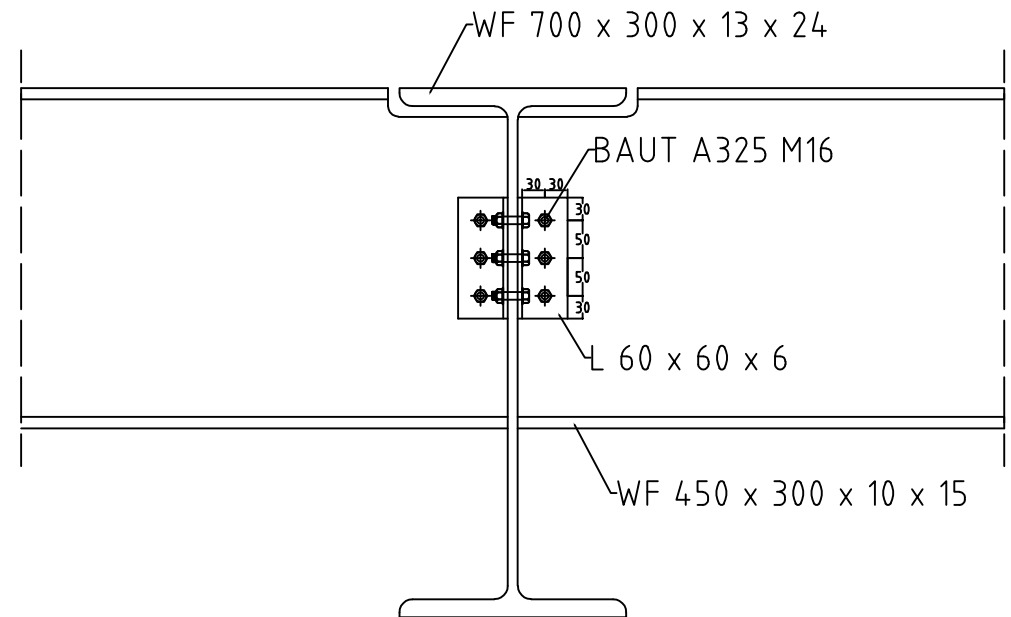
16

Jml. Lembar

47



SAMBUNGAN BALOK INDUK DAN BALOK ANAK LANTAI
SKALA 1 : 10



POTONGAN A - A
SKALA 1 : 10



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
0311144000061

Nama Gambar

SAMBUNGAN
BALOK INDUK &
BALOK ANAK
LANTAI

Skala

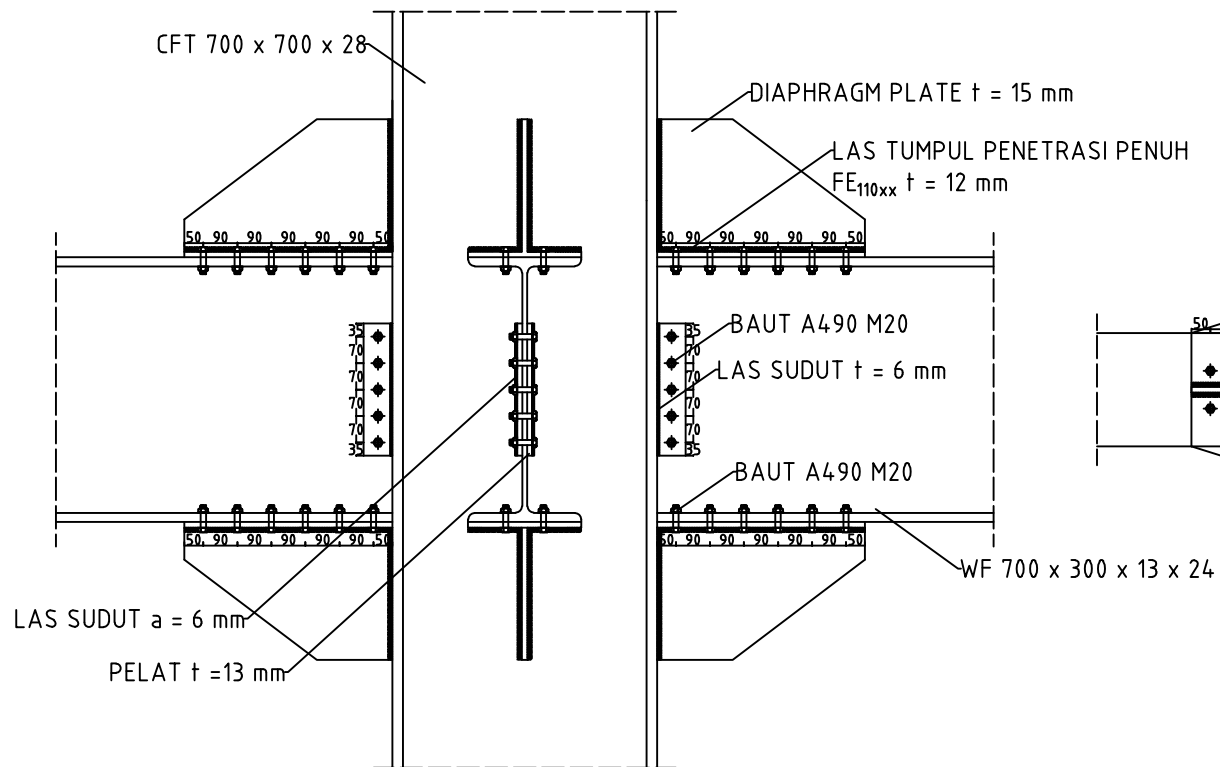
1 : 10

No. Lembar

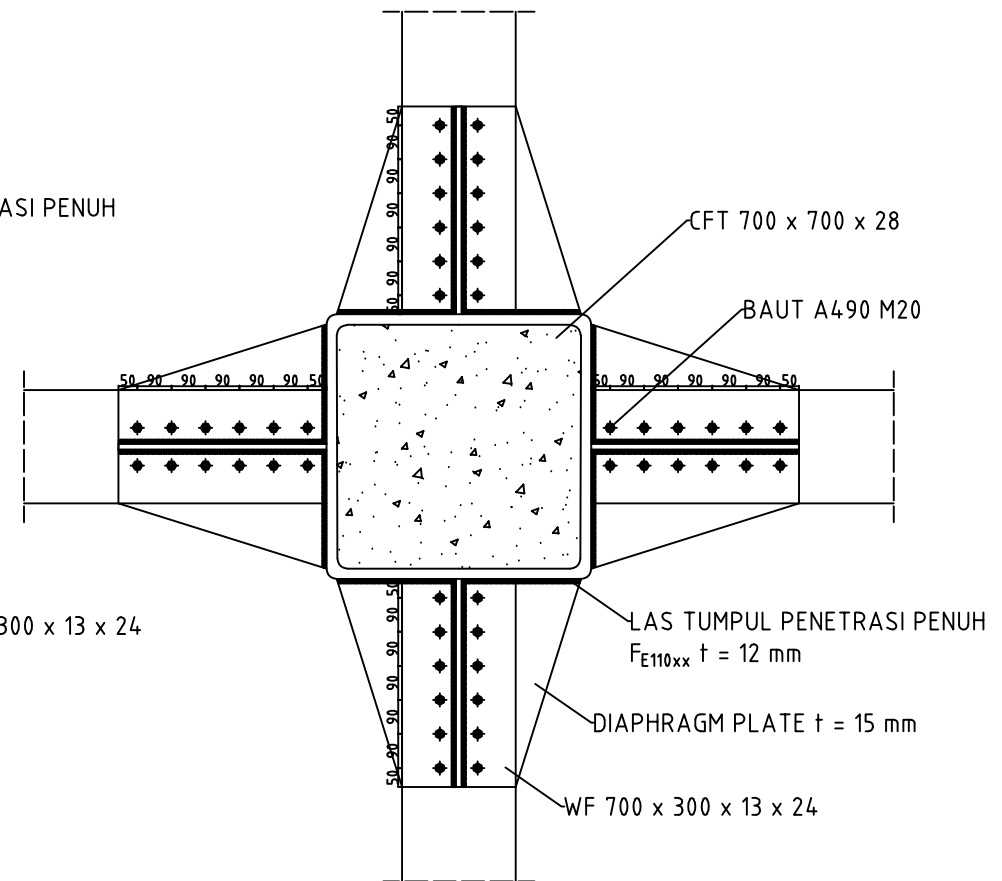
17

Jml. Lembar

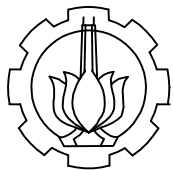
47



TAMPAK SAMPING SAMBUNGAN
BALOK INDUK DENGAN KOLOM
SKALA 1 : 20



TAMPAK ATAS SAMBUNGAN
BALOK INDUK DENGAN KOLOM
SKALA 1 : 20



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

SAMBUNGAN
BALOK INDUK &
KOLOM

Skala

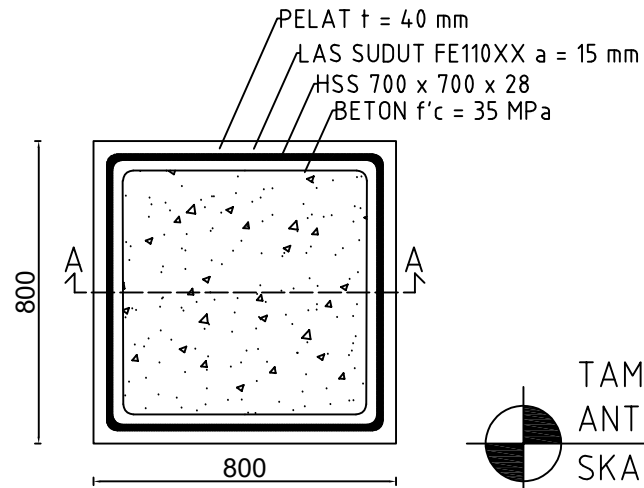
1 : 20

No. Lembar

18

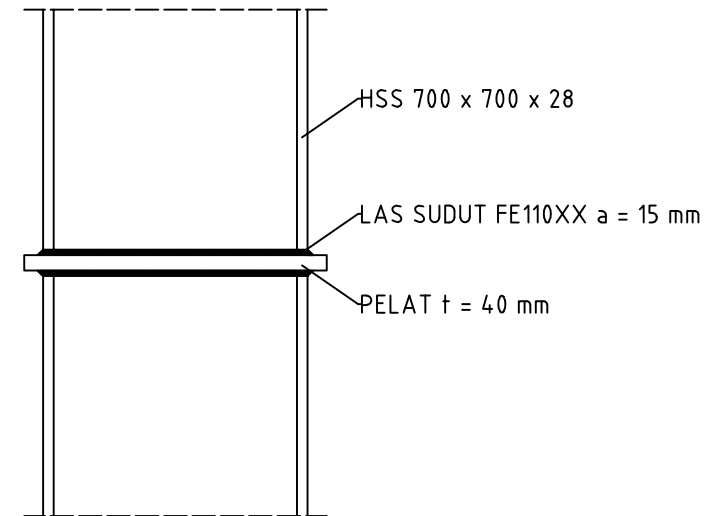
Jml. Lembar

47



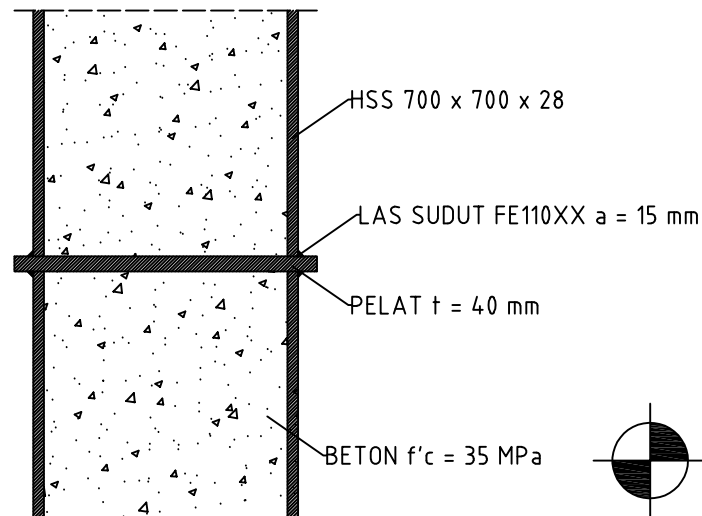
TAMPAK ATAS SAMBUNGAN
ANTAR KOLOM

SKALA 1 : 20

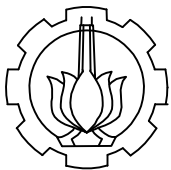


TAMPAK SAMPIING SAMBUNGAN
ANTAR KOLOM

SKALA 1 : 20



POTONGAN A - A
SKALA 1 : 20



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
 03111440000061

Nama Gambar

SAMBUNGAN
 ANTAR KOLOM

Skala

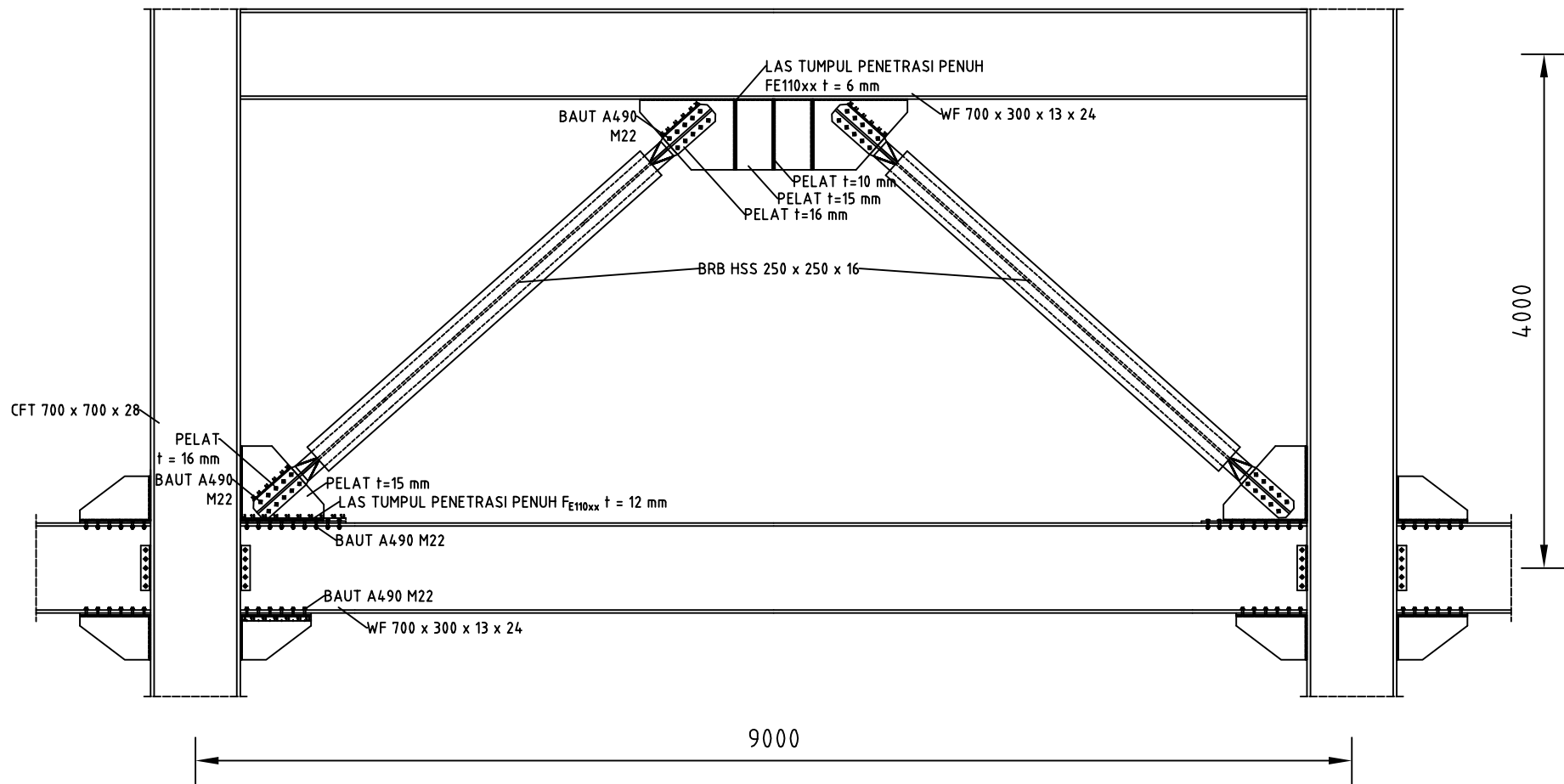
1 : 20

No. Lembar

19

Jml. Lembar

47



PORTAL BRBF
SKALA 1 : 50



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
0311144000061

Nama Gambar

PORTAL BRBF

Skala

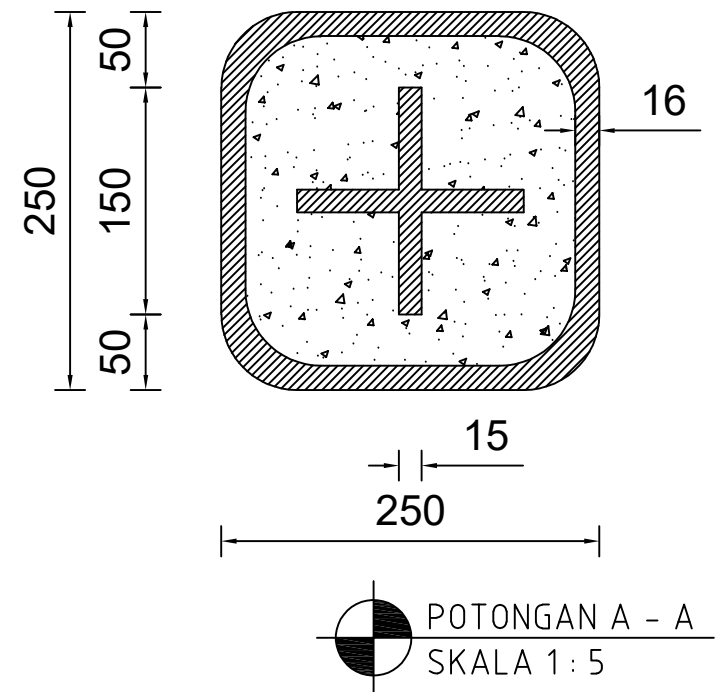
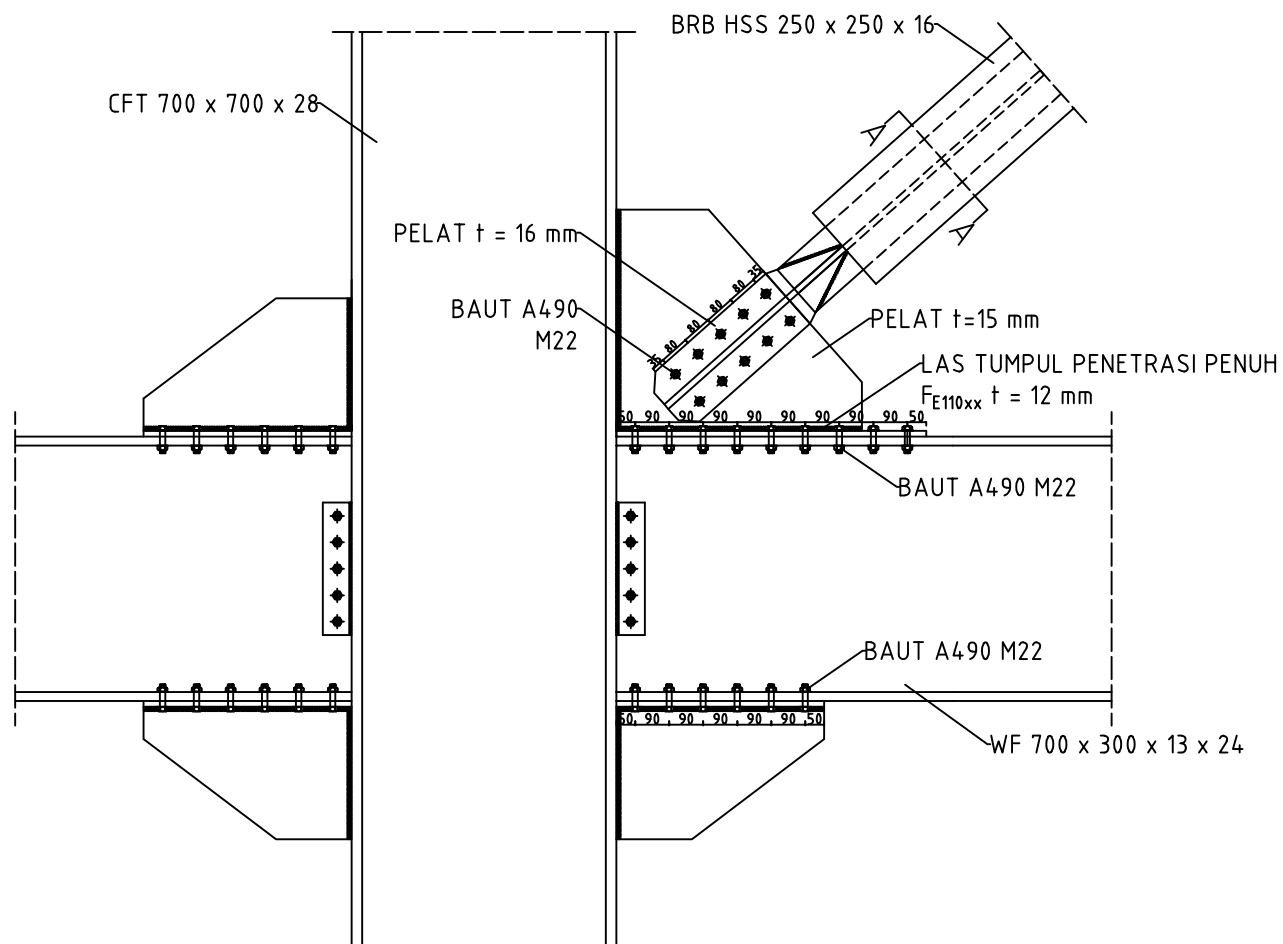
1 : 50

No. Lembar

20

Jml. Lembar

47



 **SAMBUNGAN BRESING DENGAN BALOK DAN KOLOM**
SKALA 1 : 20



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

SAMBUNGAN
BRESING DENGAN
BALOK & KOLOM
POTONGAN A-A

Skala

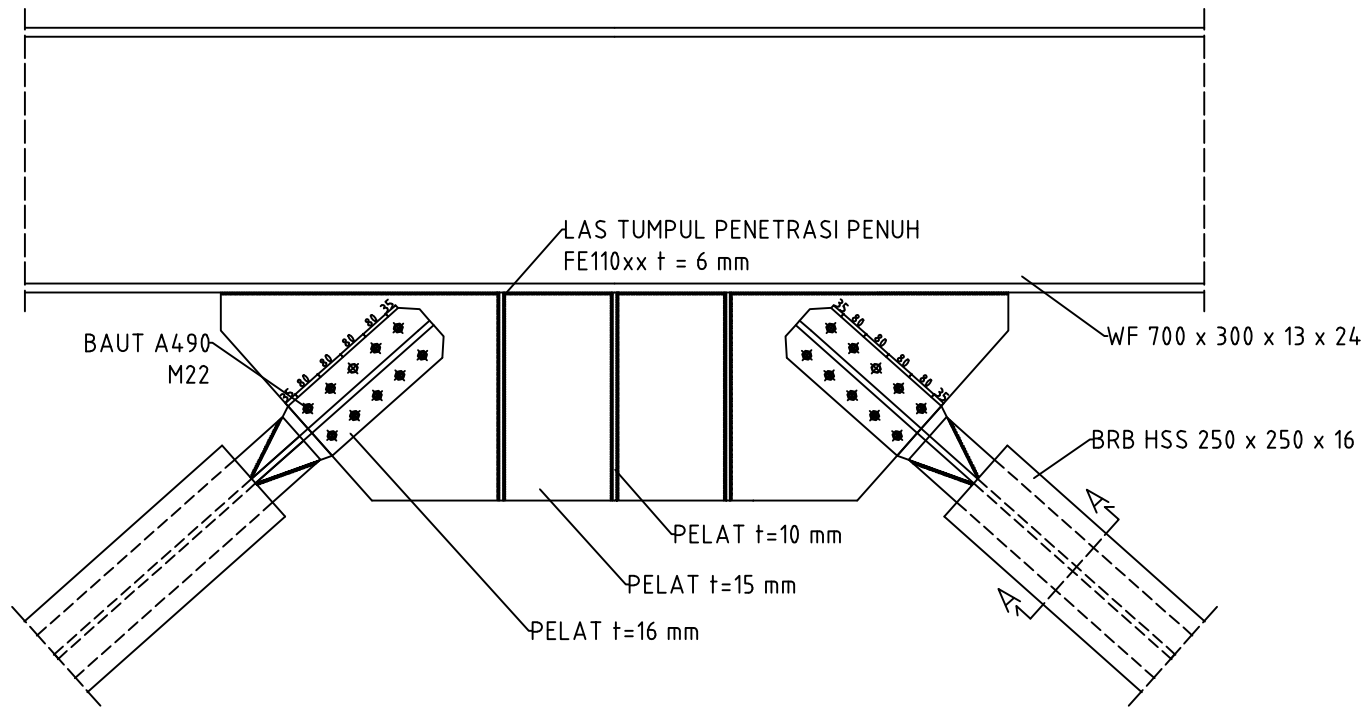
1 : 20
1 : 5

No. Lembar

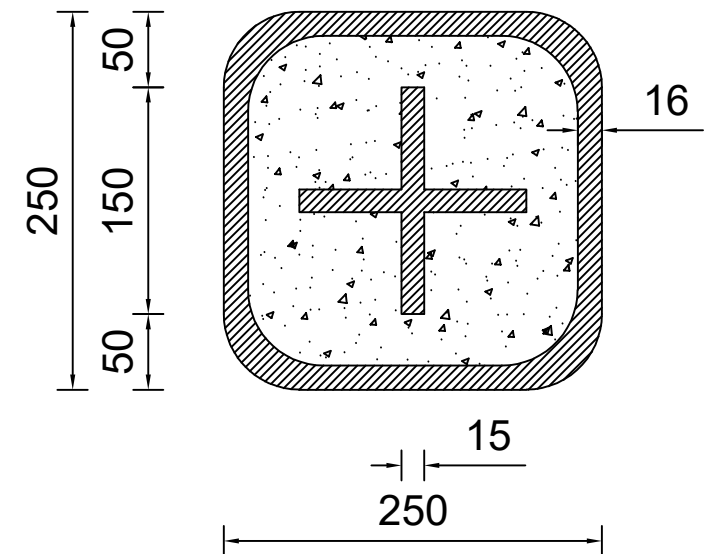
21

Jml. Lembar

47



 SAMBUNGAN BRESING DENGAN BALOK
SKALA 1 : 20



 POTONGAN A - A
SKALA 1 : 5



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

SAMBUNGAN
BRESING DENGAN
BALOK
POTONGAN A-A

Skala

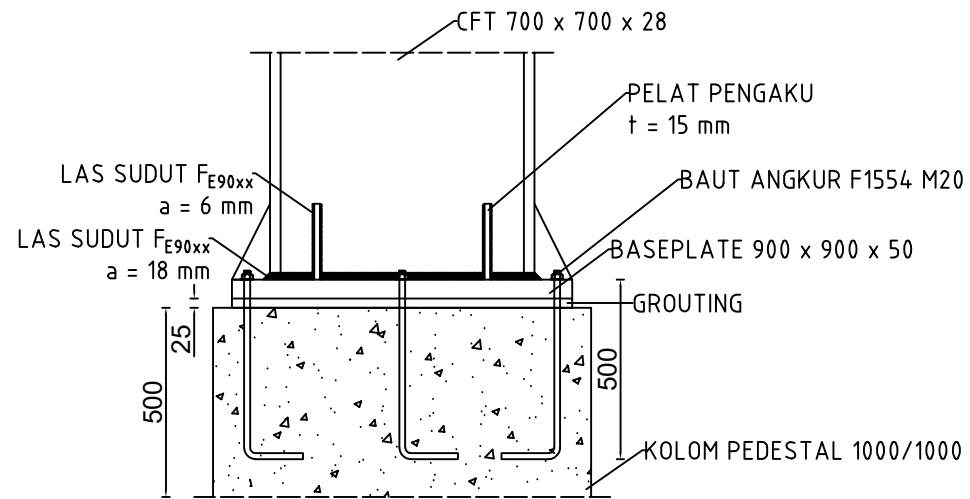
1 : 20
1 : 5

No. Lembar

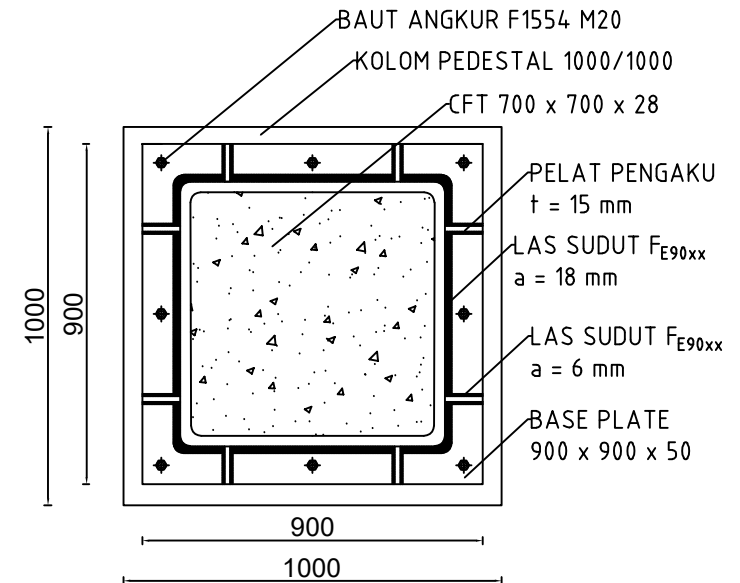
22

Jml. Lembar

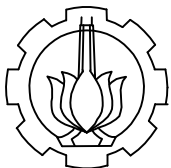
47



TAMPAK SAMPING SAMBUNGAN
KOLOM DENGAN BASE PLATE
SKALA 1 : 20



TAMPAK ATAS SAMBUNGAN
KOLOM DENGAN BASE PLATE
SKALA 1 : 20



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

SAMBUNGAN
KOLOM DENGAN
BASE PLATE

Skala

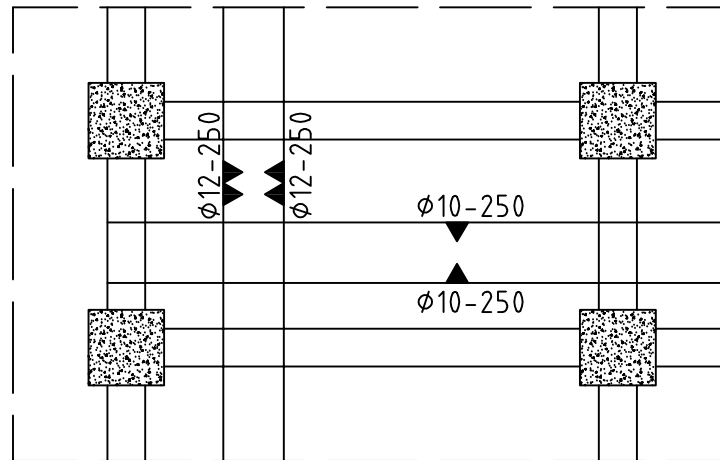
1 : 20

No. Lembar

23

Jml. Lembar

47



DETAIL PELAT
LANTAI 1 P1.C
SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

DETAIL PELAT
LANTAI 1 P3.C

Skala

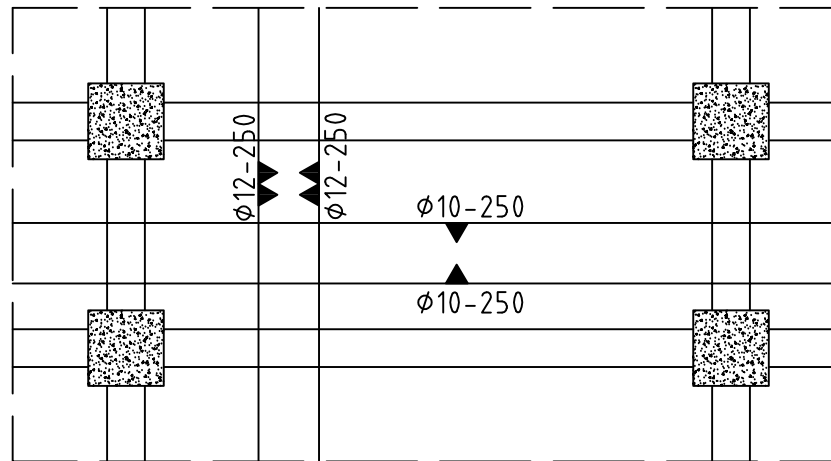
1 : 100

No. Lembar

24

Jml. Lembar

47



DETAIL PELAT
LANTAI 1 P2.C
SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

DETAIL PELAT
LANTAI 1 P4.C

Skala

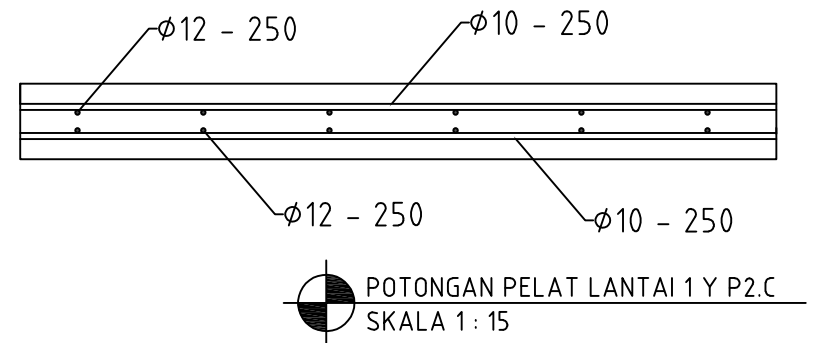
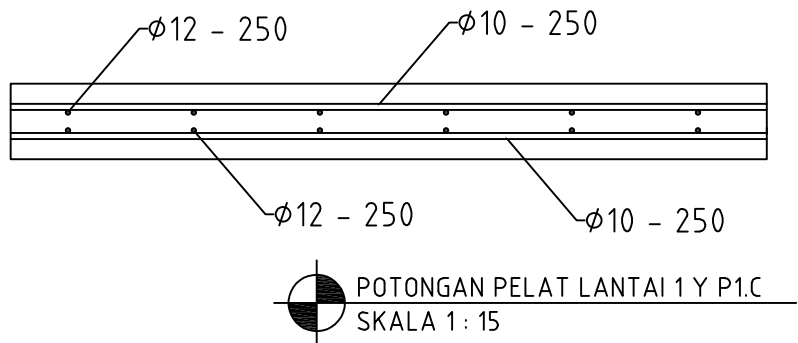
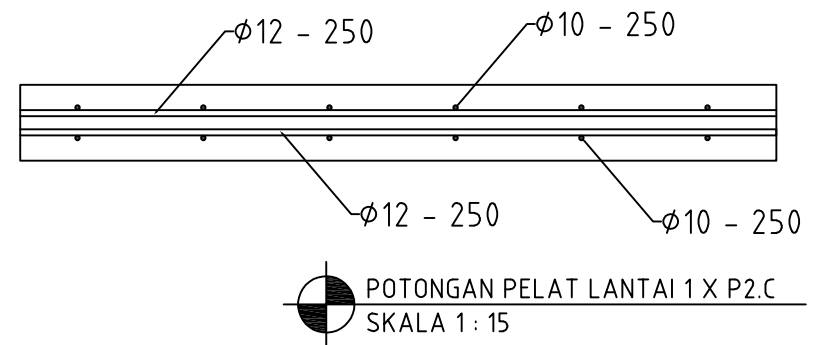
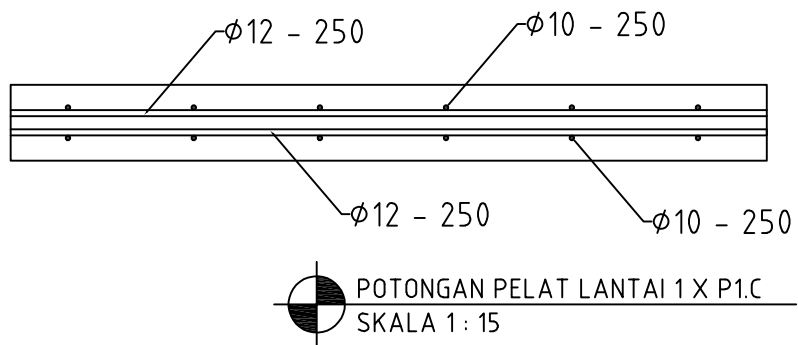
1 : 100

No. Lembar

25

Jml. Lembar

47



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

POTONGAN PELAT
LANTAI 1 X & Y
PC.1 & PC.2

Skala

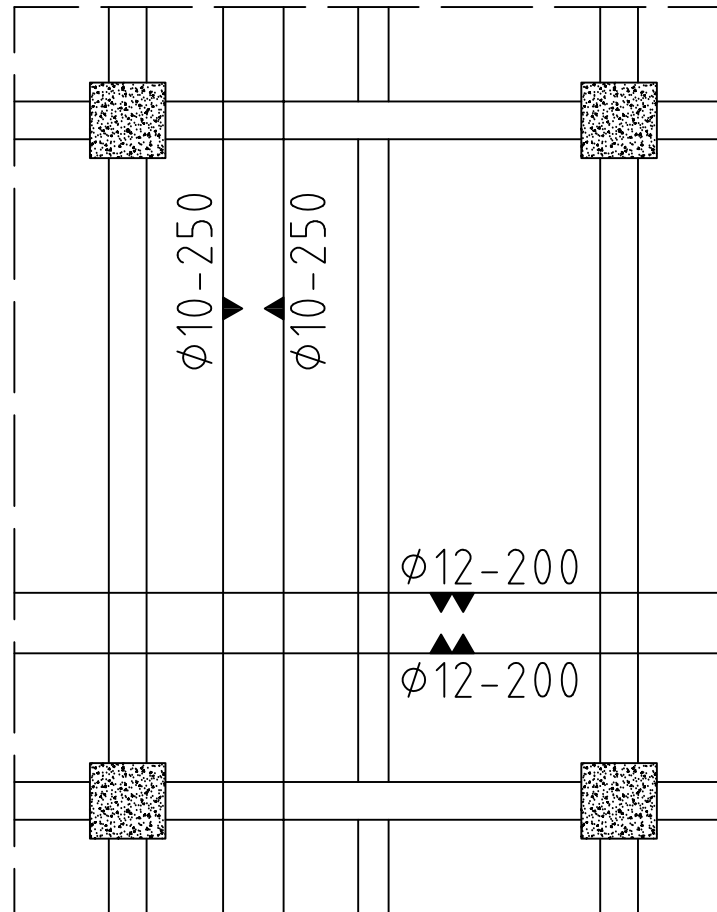
1 : 15

No. Lembar

26

Jml. Lembar

47



DETAIL PELAT
LANTAI 1 P3.C
SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
0311144000061

Nama Gambar

DETAIL PELAT
LANTAI 1 P3.C

Skala

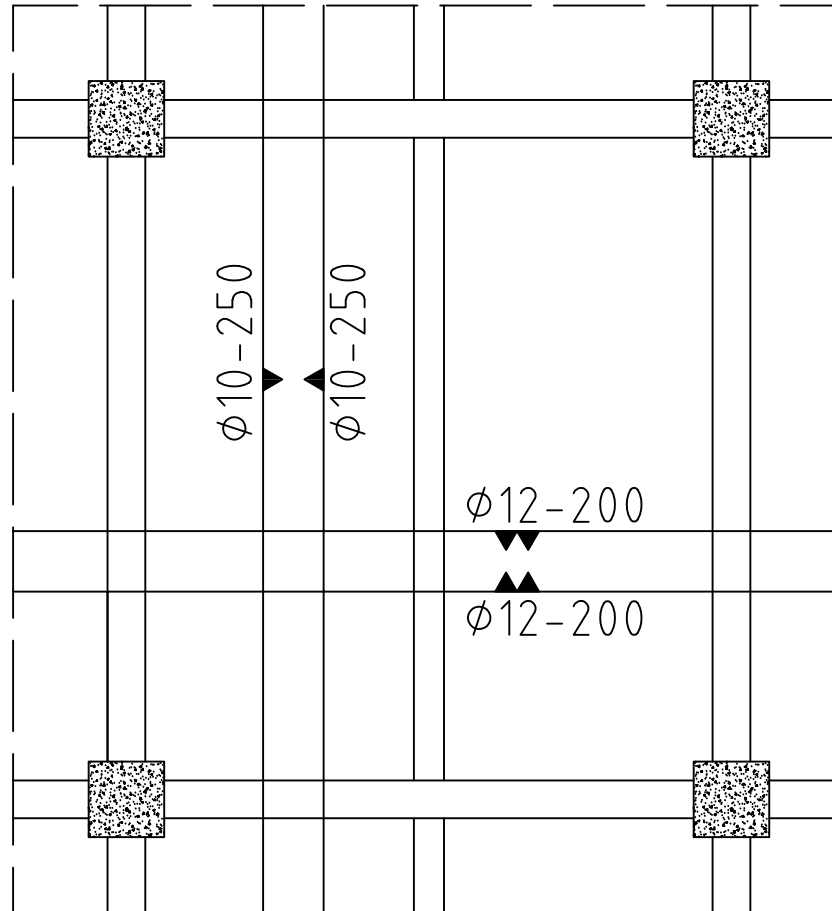
1 : 100

No. Lembar

27

Jml. Lembar

47



DETAIL PELAT
LANTAI 1 P4.C
SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

DETAIL PELAT
LANTAI 1 P4.C

Skala

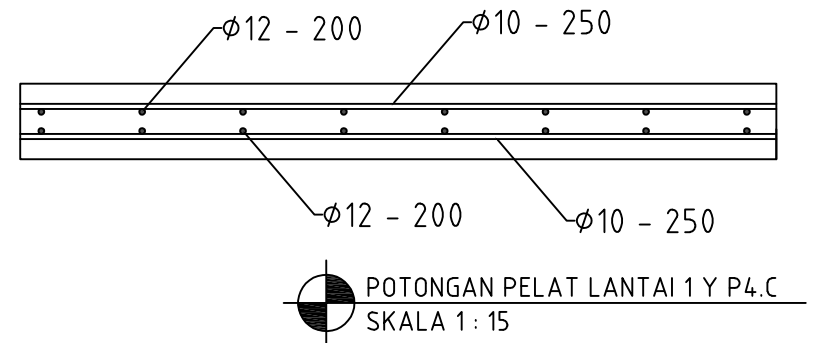
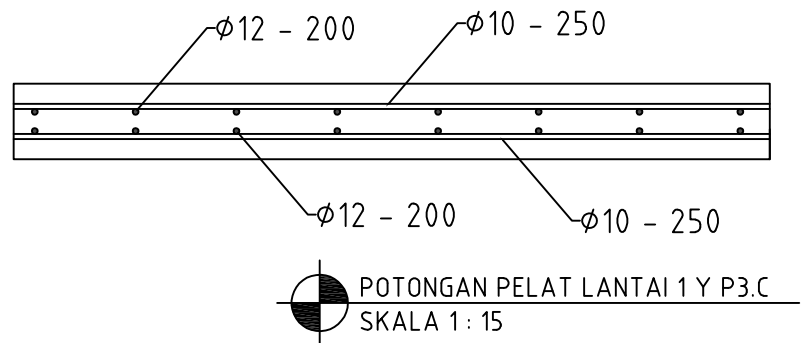
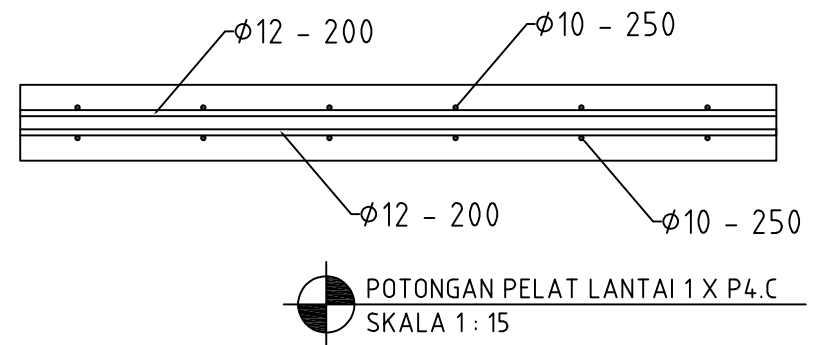
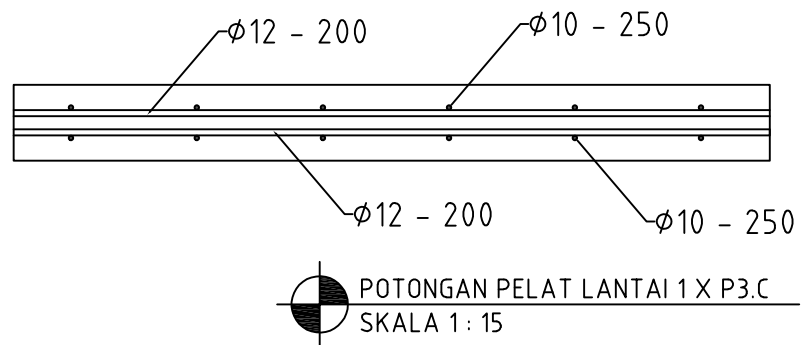
1 : 100

No. Lembar

28

Jml. Lembar

47



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

POTONGAN PELAT
LANTAI 1 X & Y
PC.3 & PC.4

Skala

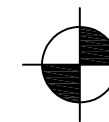
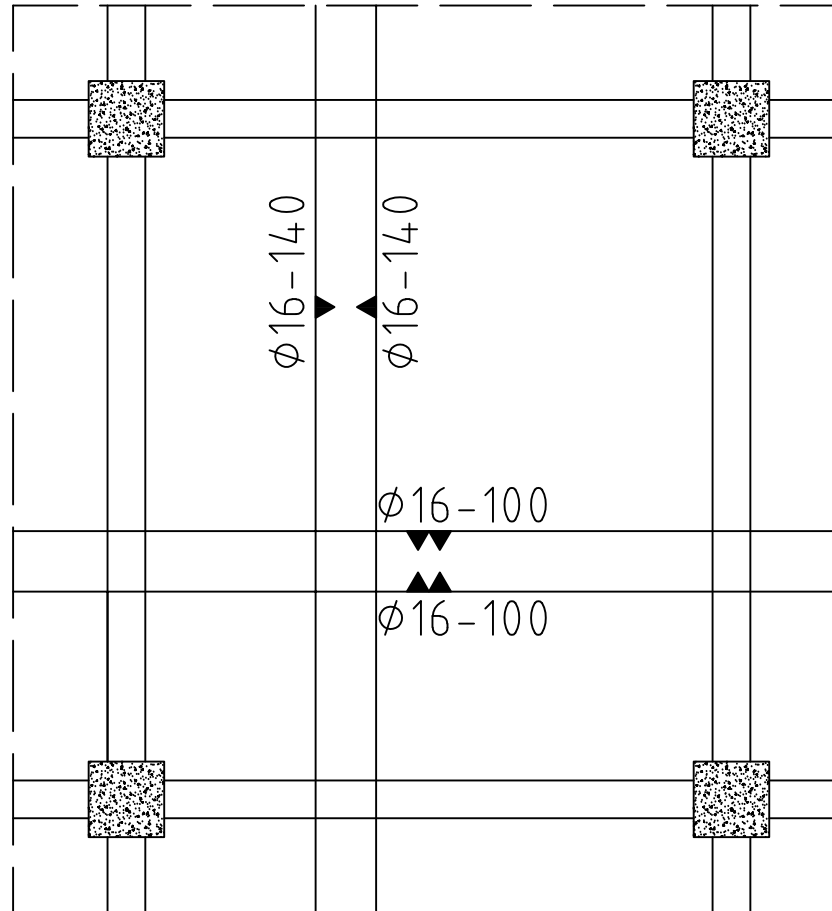
1 : 15

No. Lembar

29

Jml. Lembar

47



DETAIL PELAT
BASEMENT PB1
SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
0311144000061

Nama Gambar

DETAIL PELAT
BASEMENT PB1

Skala

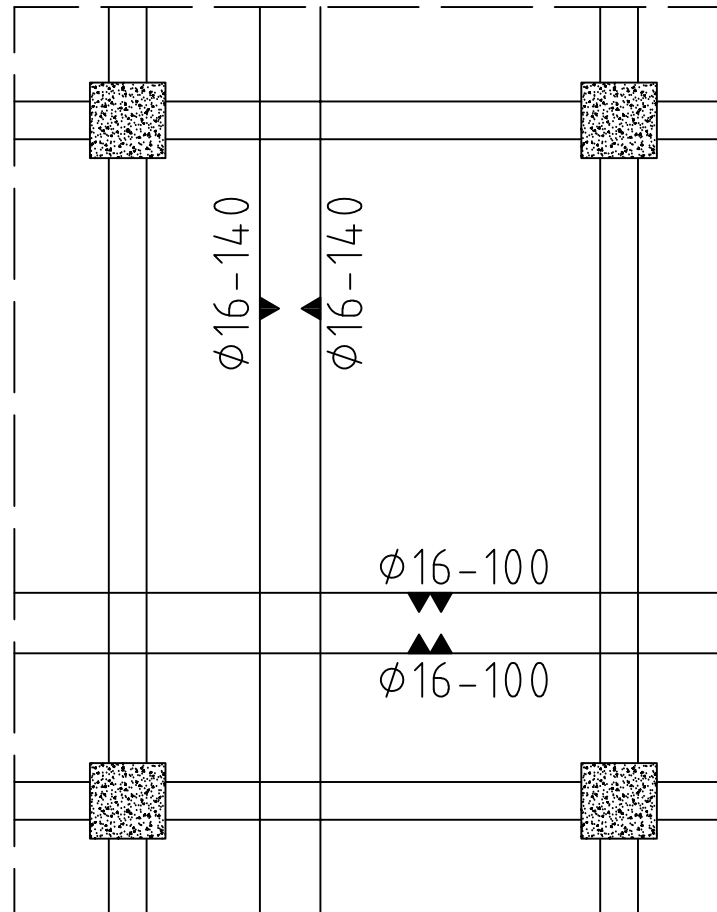
1 : 100

No. Lembar

30

Jml. Lembar

47



DETAIL PELAT
BASEMENT PB2
SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
0311144000061

Nama Gambar

DETAIL PELAT
BASEMENT PB2

Skala

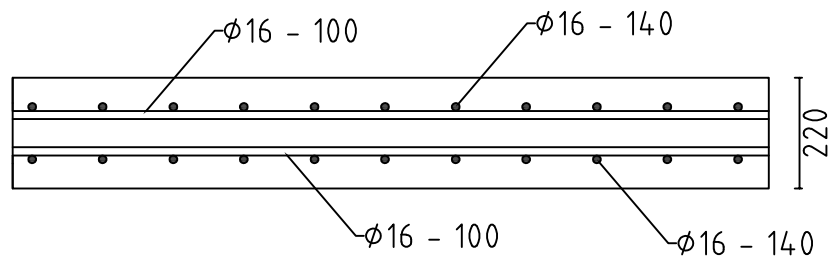
1 : 100

No. Lembar

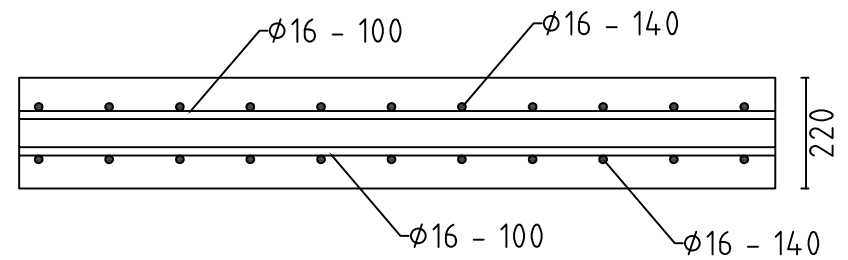
31

Jml. Lembar

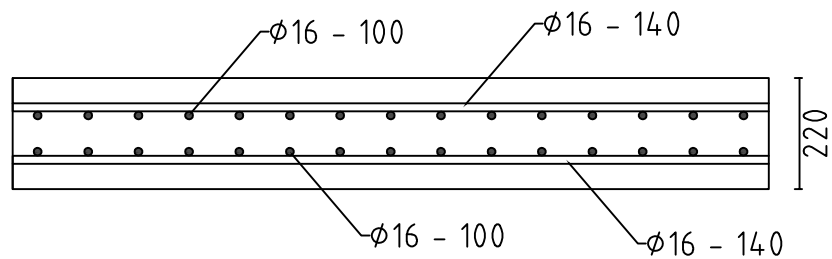
47



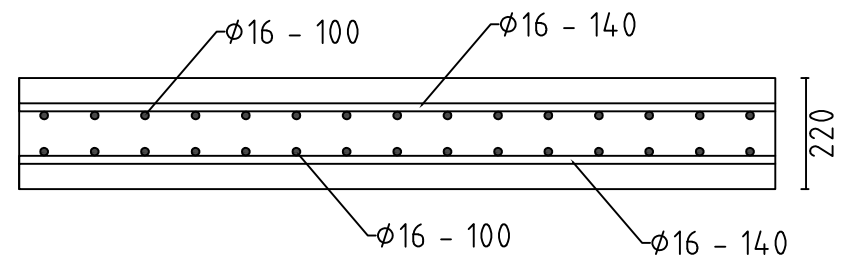
POTONGAN PELAT BASEMENT X PB1
SKALA 1 : 15



POTONGAN PELAT BASEMENT X PB2
SKALA 1 : 15



POTONGAN PELAT BASEMENT Y PB1
SKALA 1 : 15



POTONGAN PELAT BASEMENT Y PB2
SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

POTONGAN PELAT
BASEMENT X & Y
PB1 & PB2

Skala

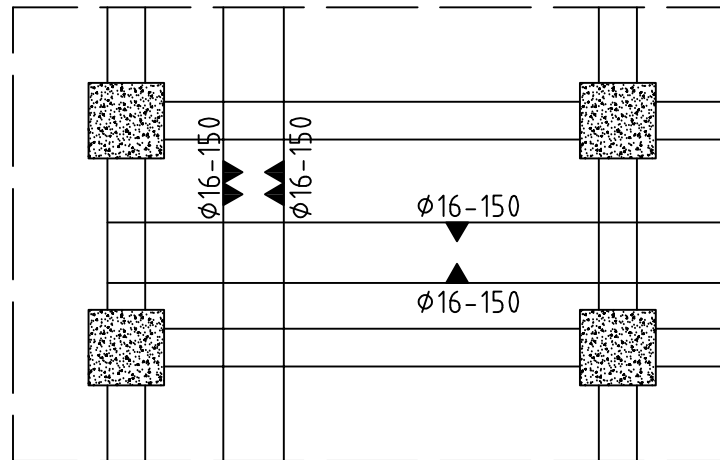
1 : 15

No. Lembar

32

Jml. Lembar

47



DETAIL PELAT
BASEMENT PB3
SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
0311144000061

Nama Gambar

DETAIL PELAT
BASEMENT PB3

Skala

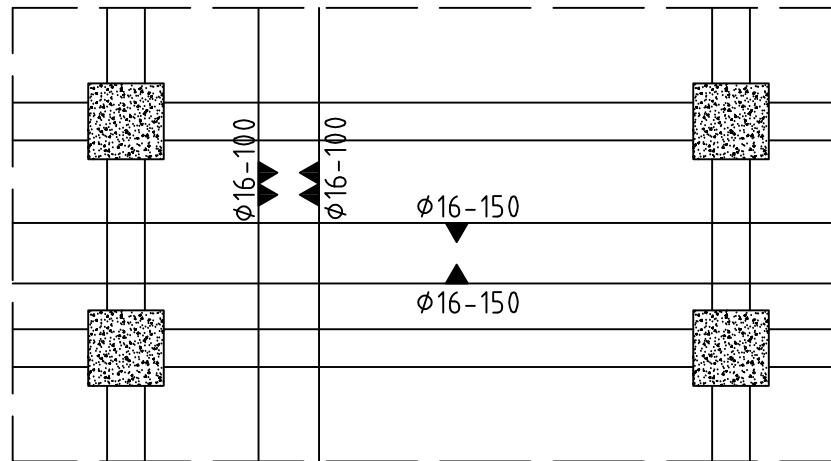
1 : 100

No. Lembar

33

Jml. Lembar

47



DETAIL PELAT
BASEMENT PB4
SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

DETAIL PELAT
BASEMENT PB4

Skala

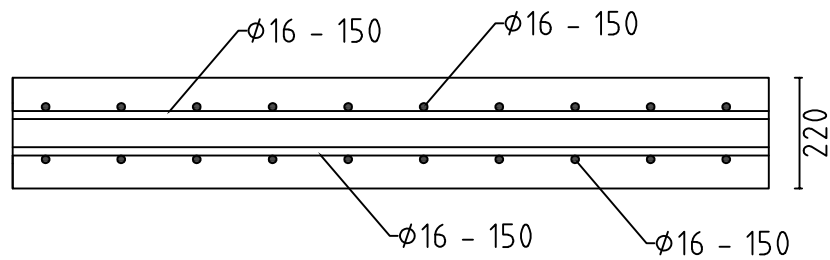
1 : 100

No. Lembar

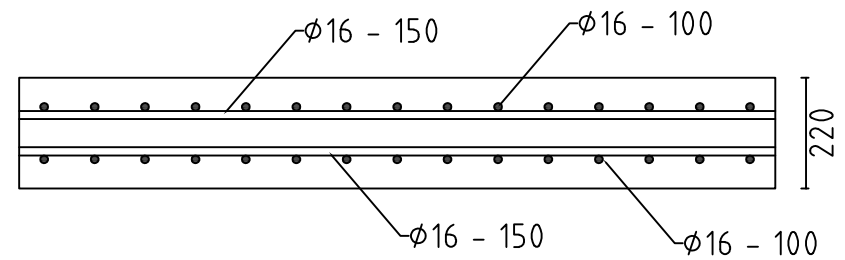
34

Jml. Lembar

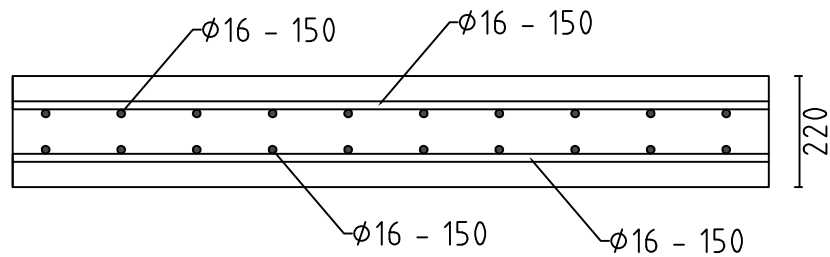
47



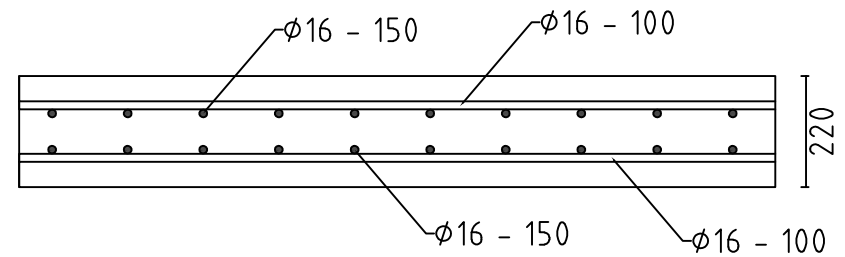
 POTONGAN PELAT BASEMENT X PB3
SKALA 1 : 15



 POTONGAN PELAT BASEMENT X PB4
SKALA 1 : 15



 POTONGAN PELAT BASEMENT Y PB3
SKALA 1 : 15



 POTONGAN PELAT BASEMENT Y PB4
SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

POTONGAN PELAT
BASEMENT X & Y
PB3 & PB4

Skala

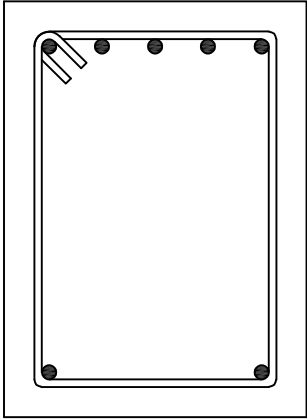
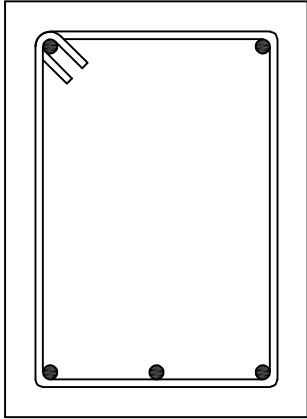
1 : 15

No. Lembar

35

Jml. Lembar

47

KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
<p>BALOK ANAK</p> <p>400 mm x 550 mm</p>		
TUL. ATAS	5D 19	2D 19
TUL. BAWAH	2D 19	3D 19
SENGKANG	2D 10 - 100	2D 10 - 200



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

PENULANGAN
BALOK ANAK
BETON

Skala

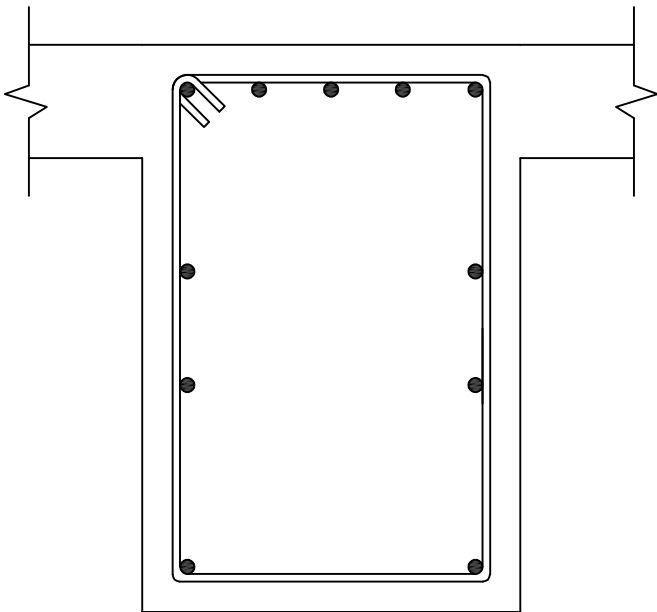
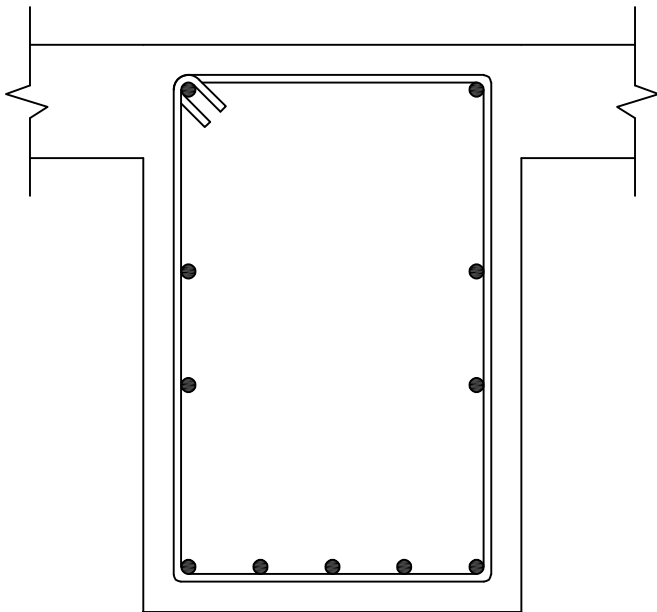
1 : 10

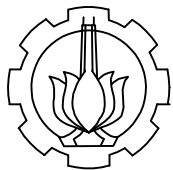
No. Lembar

36

Jml. Lembar

47

KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
<p>BALOK INDUK</p> <p>500 mm x 750 mm</p>		
TUL. ATAS	5D 19	2D 19
TUL. BAWAH	2D 19	5D 19
TUL. SAMPING	4D 19	4D 19
SENGKANG	2D 13 - 100	2D 13 - 200



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
0311144000061

Nama Gambar

PENULANGAN
BALOK INDUK
BETON

Skala

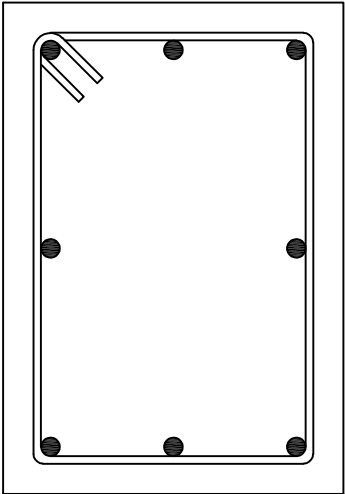
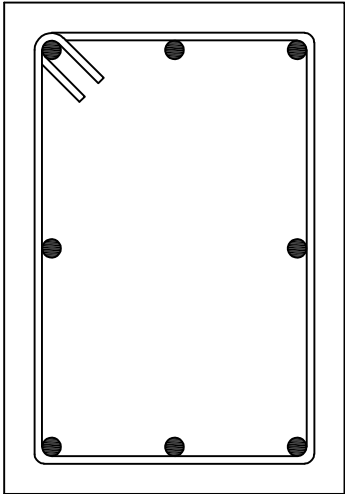
1 : 10

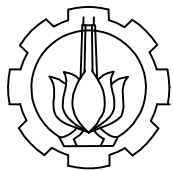
No. Lembar

37

Jml. Lembar

47

KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
<p>SLOOF</p> <p>450 mm x 650 mm</p>		
TUL. ATAS	3D 25	3D 25
TUL. BAWAH	3D 25	3D 25
TUL. SAMPING	2D 25	2D 25
SENGKANG	2 ϕ 10 - 300	2 ϕ 10 - 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

PENULANGAN
SLOOF

Skala

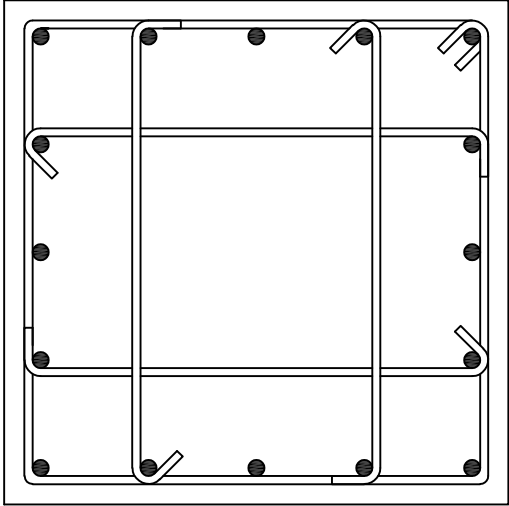
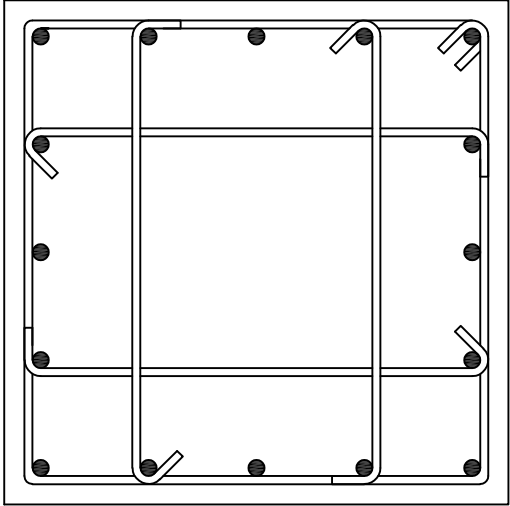
1 : 10

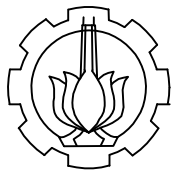
No. Lembar

38

Jml. Lembar

47

KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
<p>KOLOM</p> <p>1000 mm x 1000 mm</p>		
TULANGAN		
LONGITUDINAL	16D 32	16D 32
SENGKANG	4D 16 - 110	4D 16 - 110



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

PENULANGAN
KOLOM

Skala

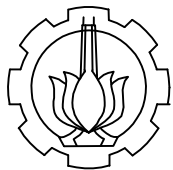
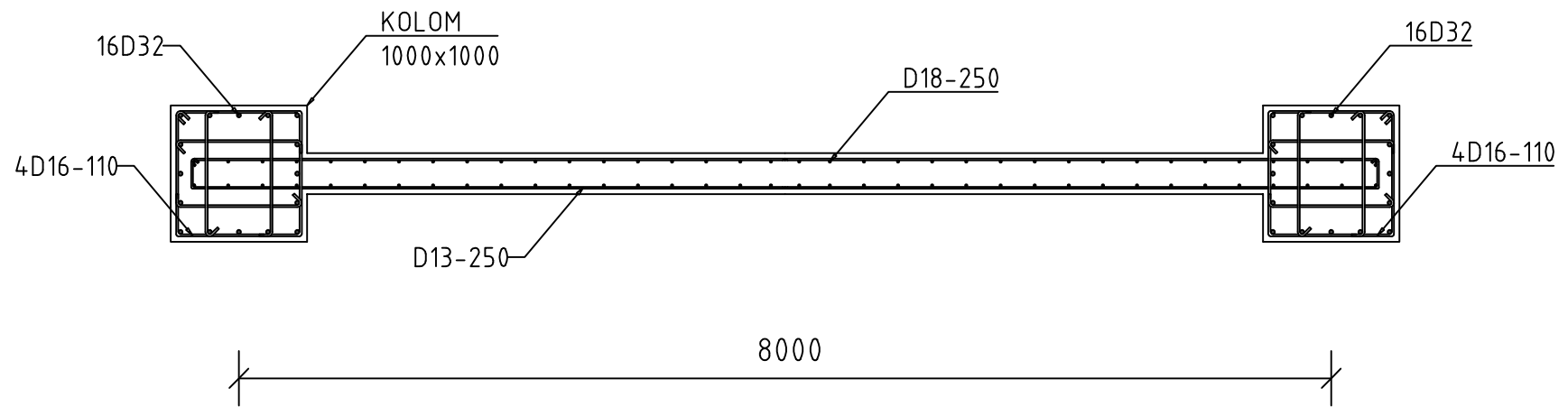
1 : 15

No. Lembar

39

Jml. Lembar

47



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
0311144000061

Nama Gambar

PENULANGAN
SHEARWALL
ARAH X

Skala

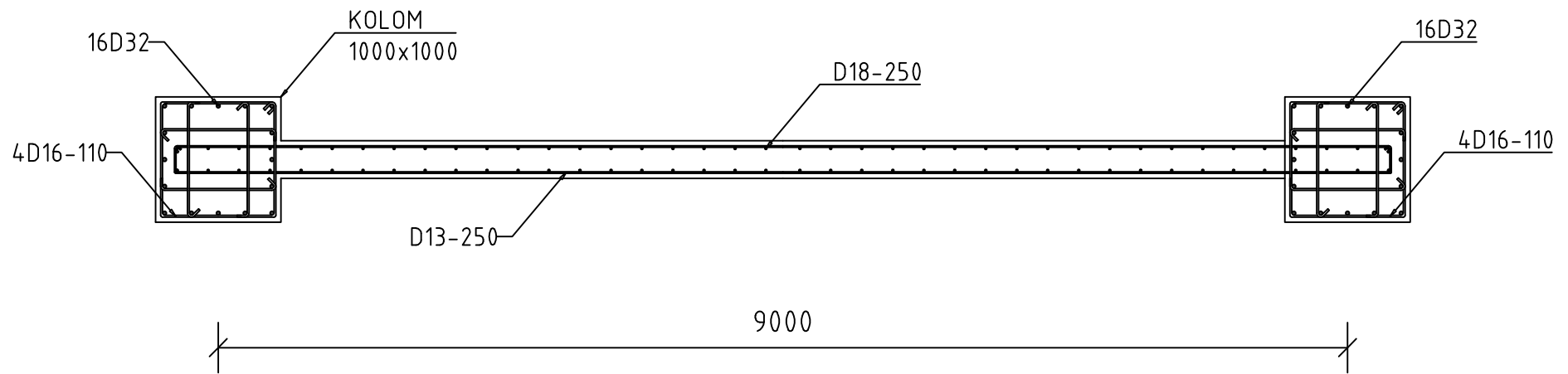
1 : 50

No. Lembar

40

Jml. Lembar

47



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

PENULANGAN
SHEARWALL
ARAH Y

Skala

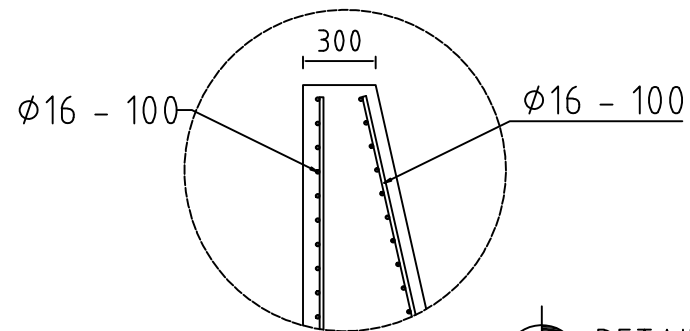
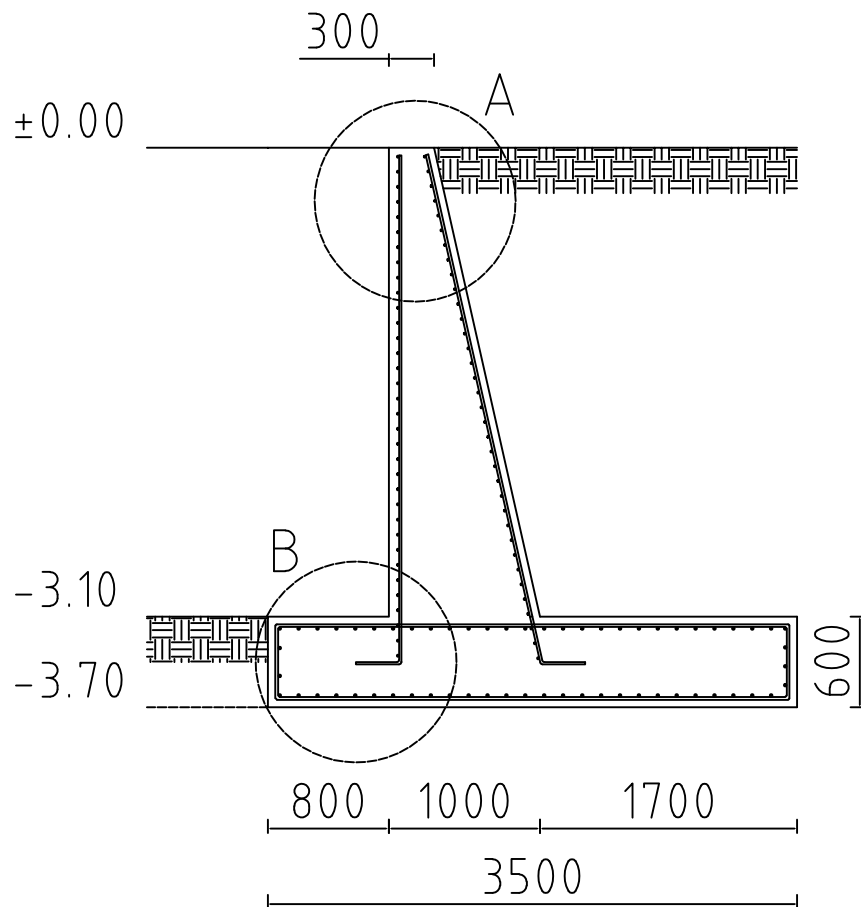
1 : 50

No. Lembar

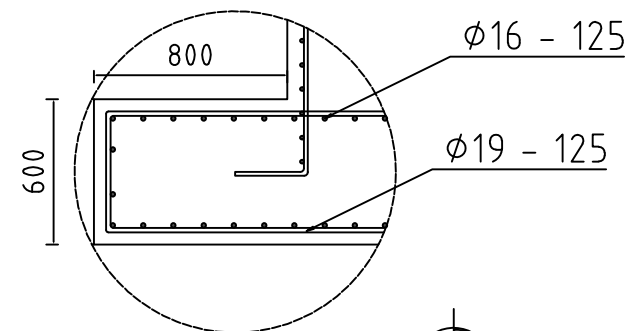
41

Jml. Lembar

47

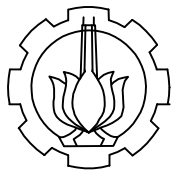


DETAIL A
SKALA 1 : 20



DETAIL B
SKALA 1 : 20

DINDING PENAHAN TANAH
SKALA 1 : 50



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

DINDING PENAHAN
TANAH
DETAIL A
DETAIL B

Skala

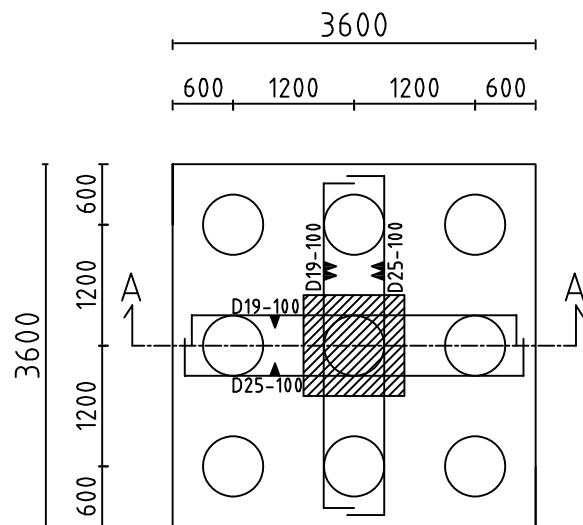
1 : 50
1 : 20
1 : 20

No. Lembar

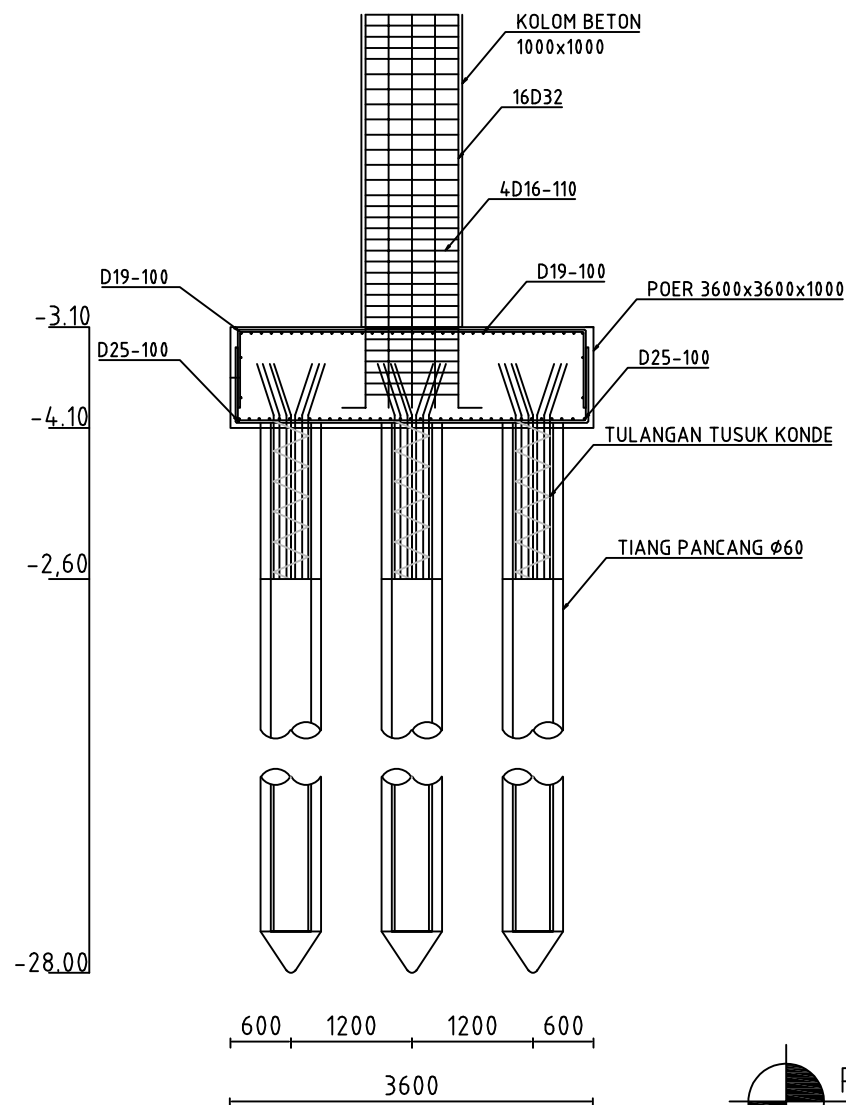
42

Jml. Lembar

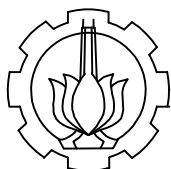
47



DETAIL PONDASI TIPE 1
SKALA 1 : 75



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 75



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

DETAIL PONDASI
TIPE 1
POTONGAN A-A

Skala

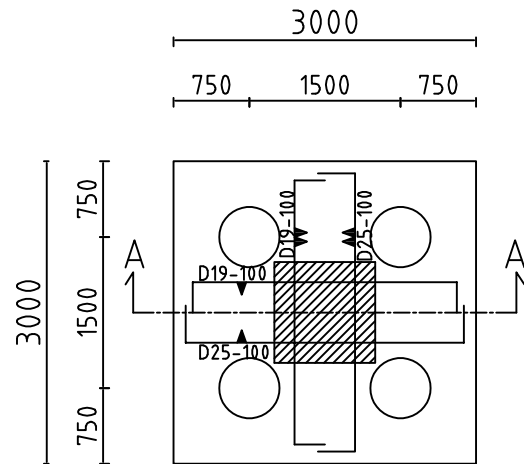
1 : 75
1 : 75

No. Lembar

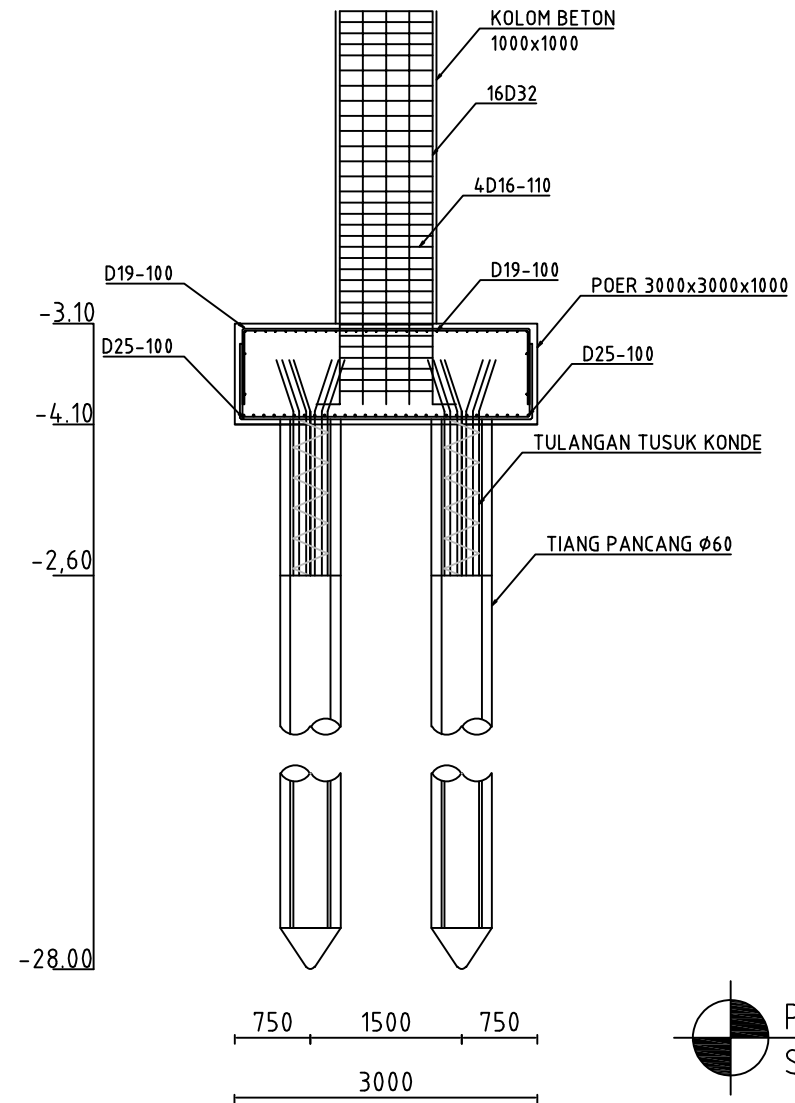
43

Jml. Lembar

47



DETAIL PONDASI TIPE 2
SKALA 1 : 75



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 75



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

DETAIL PONDASI
TIPE 2
POTONGAN A-A

Skala

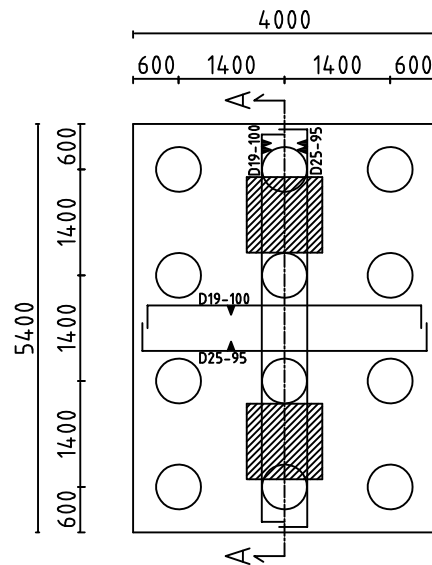
1 : 75
1 : 75

No. Lembar

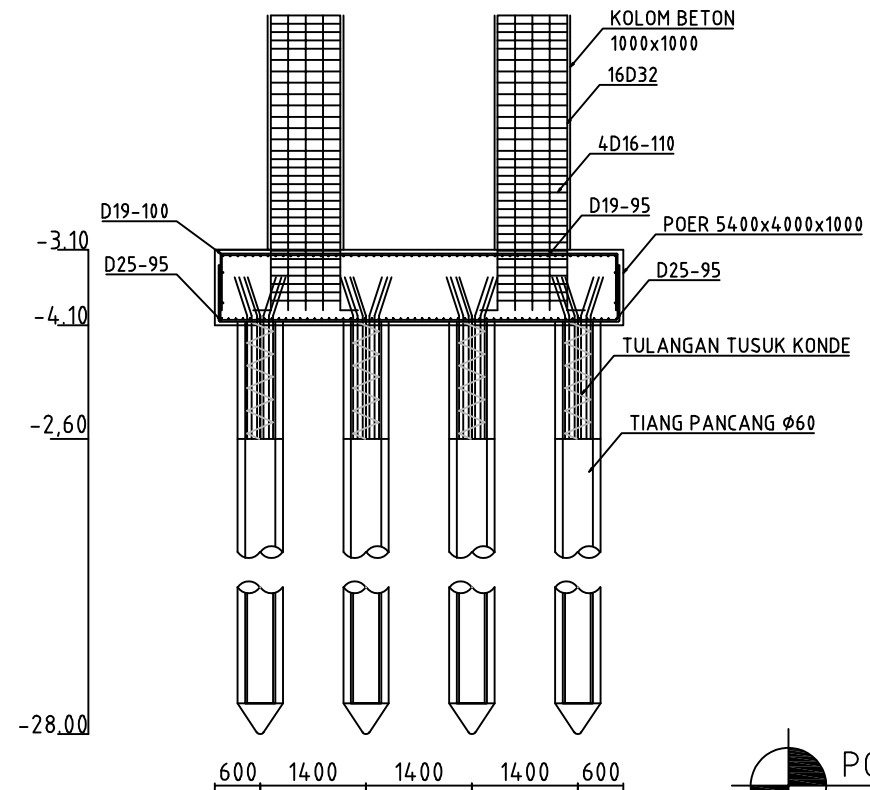
44

Jml. Lembar

47



DETAIL PONDASI TIPE 3
SKALA 1 : 100



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

DETAIL PONDASI
TIPE 3
POTONGAN A-A

Skala

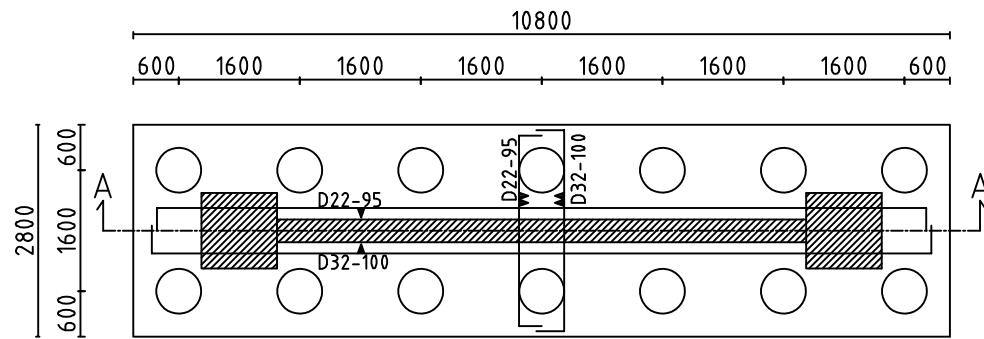
1 : 100
1 : 100

No. Lembar

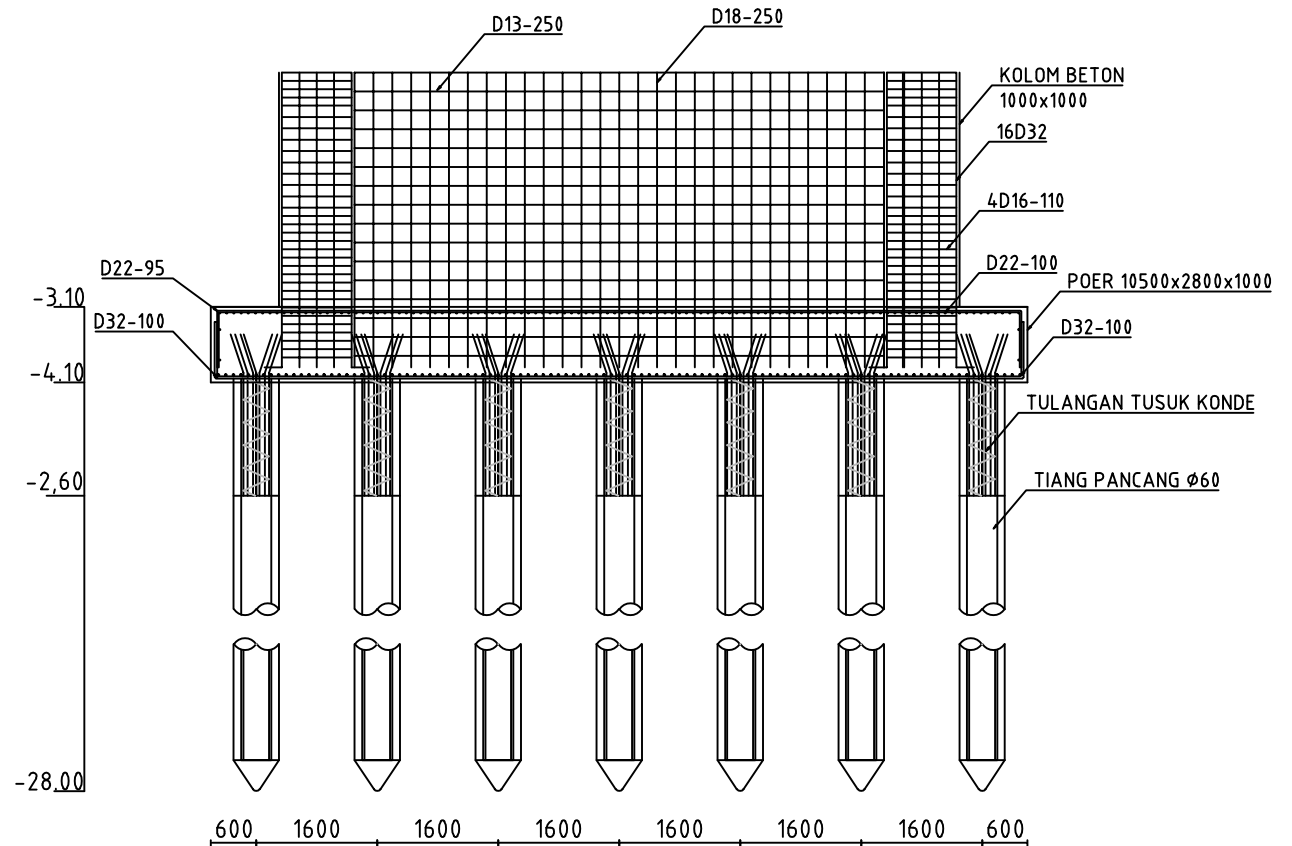
45

Jml. Lembar

47



DETAIL PONDASI TIPE 4
SKALA 1 : 100



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

DETAIL PONDASI
TIPE 4
POTONGAN A-A

Skala

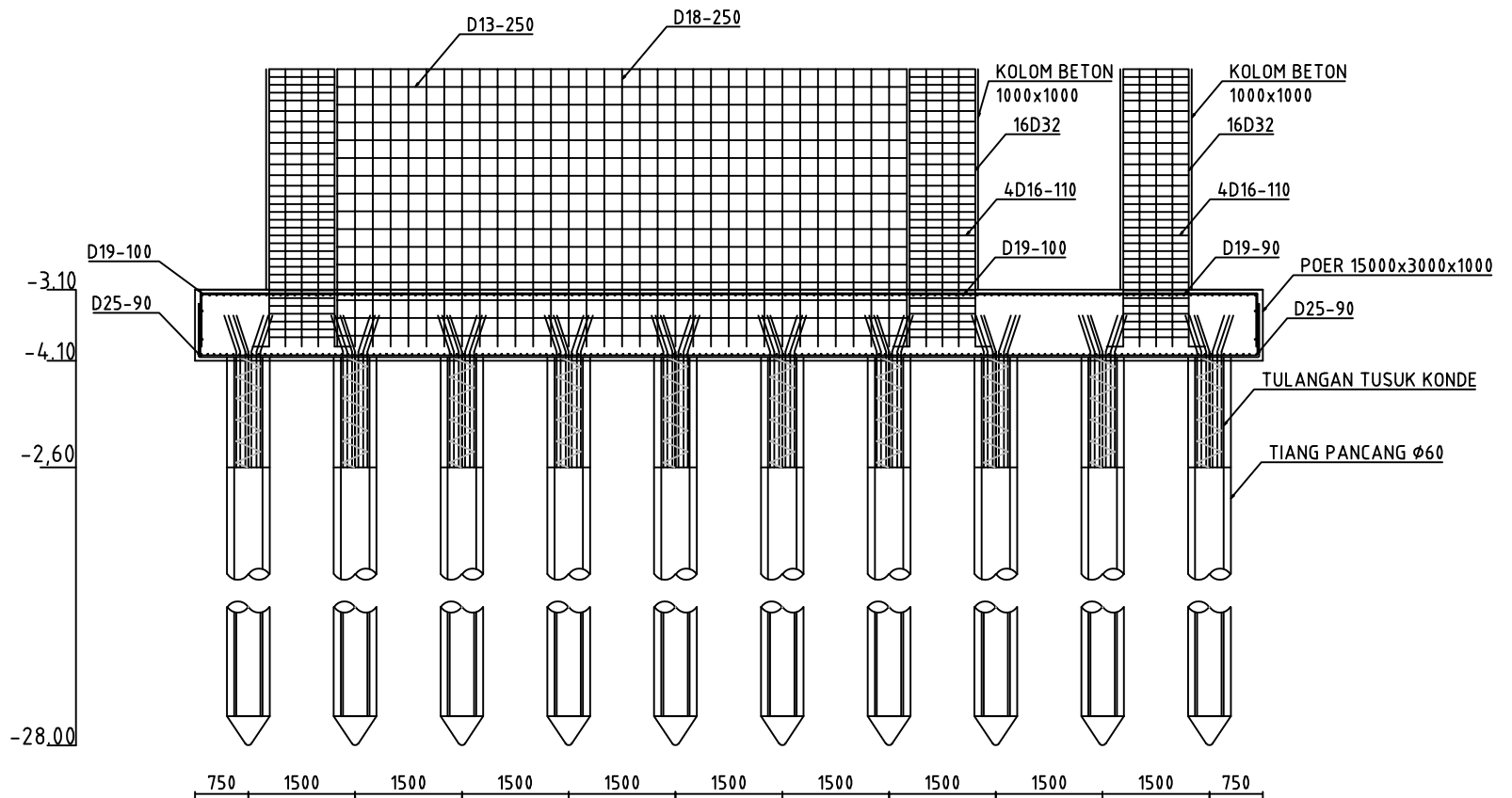
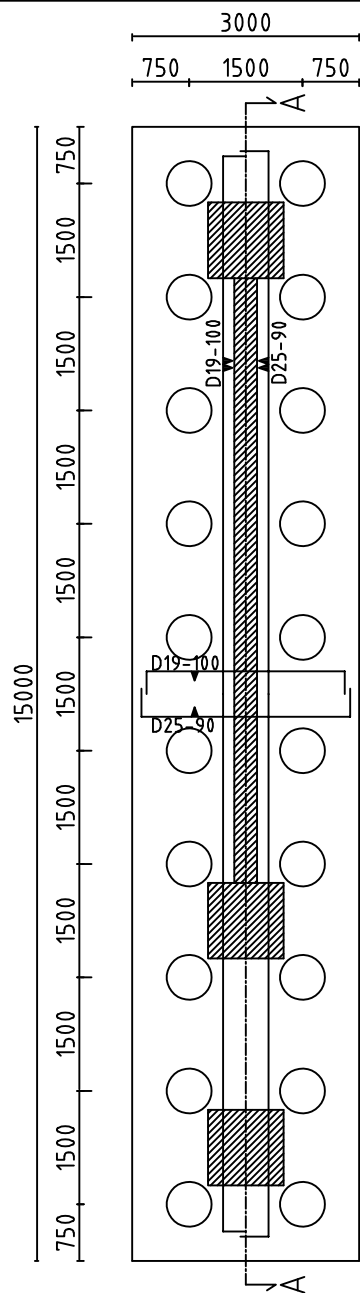
1 : 100
1 : 100

No. Lembar

46

Jml. Lembar

47



DETAIL PONDASI TIPE 5
SKALA 1 : 100

POTONGAN A-A
SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Nama & NRP Mahasiswa

FANNY RAMADHAN
03111440000061

Nama Gambar

DETAIL PONDASI
TIPE 5
POTONGAN A-A

Skala

1 : 100
1 : 100

No. Lembar

47

Jml. Lembar

47

DRILLING LOG

NAMA PROYEK = **TRAM SURABAYA**

TIPE BOR : Rotary drilling machine

Remarks.

KLIEN = PT. DARDELA YASA GUNA

MULAI : **22 Nopember 2015**

UD = Undisturb Sample

TITIK BOR = BH-6

SELESAI : 23 Nopember 2015

CS = Core Sample

LOKASI = JL. RAYA DARMO (MEDIAN JALAN DEPAN BCA - KIMIA FARMA)

MASTERBOR : OSIAS

SPT – SPT Test

ELEVASI TITIK BOR +0.45 METER DARI MUKA JALAN

Scale in m		Elevation (AWS) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test				
										Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm			N - Value
														15 cm	15 cm	15 cm		
START OF BORING																		
0.00	0.00					LANAU BERPASIR	COKLAT TERANG											
1.00	-1.00																	
2.00	-2.00					PASIR	ABU-ABU TERANG	MEDIUM	SPT = 12			-2.00	SPT 1	12	3	5	7	12
3.00	-3.00											-2.50						
4.00	-4.00					LEMPUNG LANAU	ABU-ABU KECOKLATAN	STIFF	SPT = 12			-4.00	SPT 2	12	2	4	8	12
5.00	-5.00											-4.50						
6.00	-6.00											-6.00	SPT 3	10	2	4	6	16
7.00	-7.00											-6.50						
8.00	-8.00											-8.00	SPT 4	16	4	7	9	16
9.00	-9.00											-8.50						
10.00	-10.00											-10.00	SPT 5	26	5	10	16	26
11.00	-11.00											-10.50						
12.00	-12.00											-12.00	SPT 6	21	3	7	14	21
13.00	-13.00											-12.50						
14.00	-14.00											-14.00	SPT 7	23	4	8	15	23
15.00	-15.00											-14.50						
16.00	-16.00											-16.00	SPT 8	24	6	10	14	24
17.00	-17.00											-16.50						
18.00	-18.00											-18.00	SPT 9	30	7	12	18	36
19.00	-19.00											-18.50						
20.00	-20.00											-20.00	SPT 10	25	5	9	16	25
21.00	-21.00											-20.50						
22.00	-22.00											-22.00	SPT 11	36	8	14	22	36
23.00	-23.00											-22.50						
24.00	-24.00											-24.00	SPT 12	30	7	13	17	36
25.00	-25.00											-24.50						
26.00	-26.00											-26.00	SPT 13	24	6	10	14	24
27.00	-27.00											-26.50						
28.00	-28.00					LANAU BERPASIR	ABU-ABU GELAP	VERY STIFF TO HARD	SPT 24 s/d 31			-28.00	SPT 14	41	8	16	25	41
29.00	-29.00											-28.50						
30.00	-30.00											-30.00	SPT 15	38	7	14	24	38
												-30.50						
END OF BORING																		



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIENT : DARDELA YASA GUNA
PROYEK : PEMBANGUNAN JALAN TRAM
LOKASI : JL. RAYA DARMO MEDIAN JALAN DEPAN KBS

TITIK BOR : BH-6
MASTER BOR : OSIAS TENIS

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-3.50	2.684	1.384	100.00	51.56	58.05	1.706	1.126	1.706	1.06	0.781	4.10E-04
-11.00	2.593	1.306	100.00	50.37	56.63	1.691	1.124	1.691	*	*	*
-18.50	2.678	1.245	100.00	46.49	55.46	1.747	1.193	1.747	*	*	*
-25.00	2.642	1.209	100.00	45.76	54.73	1.743	1.196	1.743	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	C	ϕ	C_u	ϕ_u	C_d	ϕ_d	Su	Cu	
-3.50	5.81	28.52	65.67	62.37	29.35	33.02	0.08	30	*	*	*	*	0.11	0.11	*
-11.00	0.00	20.27	79.73	64.35	32.66	31.69	*	*	0.53	0	*	*	*	*	*
-18.50	0.00	20.16	79.84	66.77	30.19	36.58	*	*	1.25	0	*	*	*	*	*
-25.00	0.00	25.51	74.49	65.48	31.56	33.92	*	*	1.64	0	*	*	*	*	*

REMARK	G	= Gravel (%)	LL	= Liquid Limit (%)	C	= Cohesion of direct shear (kg/cm ²)
	S	= Sand (%)	PL	= Plastic Limit (%)	C_d	= Drained cohesion triaxial test(kg/cm ²)
	S + Cl	= Silt + Clay (%)	IP	= Plastic Index (%)	C_u	= Undrained cohesion (kg/cm ²)
	e	= Void ratio	Cc	= Compression Index	Su	= Strength of vane test (kg/cm ²)
	Gs	= Specific Gravity	Cv	= Compression of Consolidation (cm ² /det)	ϕ	= Angle of internal friction direct shear test (degree)
	n	= Porosity (%)	Pp	= Preconsolidation Pressure (kg/cm ²)	ϕ_d	= Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	Sr	= Degree of saturation (%)	*	= Not test	ϕ_u	= Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	W _c	= Water content (%)	k	= Coefficient of permeability (cm/sec)		
	γ_t	= Moisture density (gr/cc)				
	γ_{sat}	= Saturated density (gr/cc)				
	γ_d	= Dry density (gr/cc)				

Semua ukuran dalam millimeter

Technical cross-section diagram of a composite slab system. The diagram shows a concrete slab (Rusuk Balok) with a steel reinforcement (Baja Tulangan) and a composite slab (Composite Slab). The total panel length is 600 mm, with a central span of 200 mm. The slab thickness is 100 mm. The diagram includes various dimensions for the slab, reinforcement, and panel layout. Labels include 'Total Panel', 'D', '28', '50', '6', '200', '12', '100', '32', '12', '200', '12', '600', 'Lebar Panel', 'Super Floor Deck', 'Rusuk Balok', 'Composite Slab', 'Baja Tulangan', 'Pan', 'Rusuk Balok', 'C/G Steel', 'N.A', 'I/O', '1000', and 'Semua ukuran dalam millimeter'.

- Menunjukkan tabel plat beton untuk bentang tunggal, bentang ganda, dan bentang menerus.
- Kebutuhan tulangan negatif, serta perhitungan luas penampangnya, pada bentang ganda atau bentang menerus.
- Ketebalan plat beton pada bentang tertentu, serta berbagai beban (Super Imposed Load)
- Tiang penyangga sementara yang dibutuhkan untuk meniadakan lendutan awal pada waktu beton dan **Super Floor Deck®** belum berfungsi.

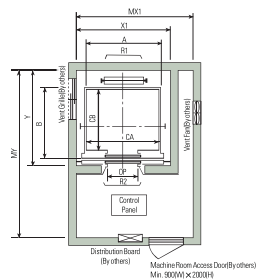
Tabel Pelat		Berat per satuan luas	Luas penampang	Penampang efektif penuh		Momen lentur positif			Momen lentur negatif			Ie	Gaya reaksi aman untuk perletakan tepi		Gaya reaksi aman untuk perletakan tengah		
				Yc	Yt	I _p	Z _{pc}	Z _{pt}	I _x	Z _{nc}	Z _{nt}		max	min	max	min	
mm	kg / m ²	mm ²	mm	mm	mm ⁴	10 ³ x mm ³	10 ³ x mm ³	10 ³ x mm ⁴	10 ³ x mm ³	10 ³ x mm ³	10 ³ x mm ³	10 ⁴ x mm ⁴	mm	mm	mm	mm	
0.75	10.1	3241	36.6	15.4	6.511	12.18	23.14	0.506	16.91	10.73	0.425	3.76	0.99	8.11	15.01	- 1.14	19.19

Z_{pt} = idem, dasar dek, dalam daerah momen positif (tegangan tarik)

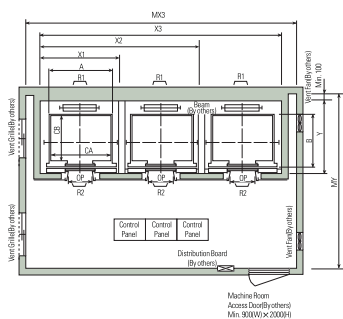
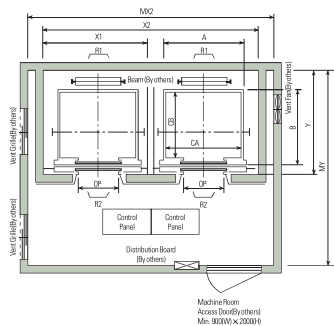
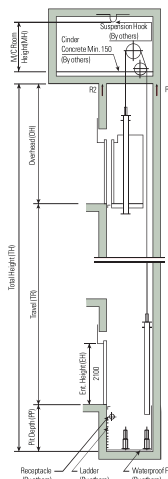
Super Layer Deck" 0.75 MM		BENTANG LONGSUD TANJAK NEGATIF										BENTANG GENDANG TANJAK NEGATIF										BENTANG MENJERIS GENDANG TANJAK NEGATIF									
		SAMPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT										DOUBLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT										MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT									
BEBAN REGULAR SUPER IMPOSED LOAD K/CM ²		300	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	750	1000									
TANPA PENYANGGA PROPPING	BENTANG SPAN	THAL DEPTH	TOTAL THAL DEPTH	TOTAL THAL DEPTH	TOTAL THAL DEPTH	TOTAL THAL DEPTH	TOTAL THAL DEPTH	TOTAL THAL DEPTH	TOTAL THAL DEPTH	TOTAL THAL DEPTH	TOTAL THAL DEPTH	TOTAL THAL DEPTH	TOTAL THAL DEPTH	TOTAL THAL DEPTH	TOTAL THAL DEPTH	TOTAL THAL DEPTH	TOTAL THAL DEPTH	TOTAL THAL DEPTH	TOTAL THAL DEPTH	TOTAL THAL DEPTH	TOTAL THAL DEPTH	TOTAL THAL DEPTH									
TANPA PENYANGGA NO PROPS	1.50	9	9	9	9	9	9	9	9	0.75	0.91	1.07	1.24	1.40	1.56	9	0.50	0.73	0.86	0.98	1.11	1.24	1.37								
	1.75	9	9	9	9	9	9	10	9	1.03	1.25	1.48	1.71	1.94	2.29	10	0.81	0.99	1.17	1.35	1.53	1.81	2.10								
	2.00	9	9	9	9	9	9	10	9	1.36	1.65	1.95	2.26	2.57	3.04	10	1.07	1.31	1.55	1.79	2.03	2.39	2.80								
	2.25	9	9	9	9	9	10	11	9	1.73	2.12	2.50	2.90	3.29	3.89	11	1.37	1.66	1.98	2.30	2.60	3.06	3.61								
	2.50	9	9	9	9	10	14	9	2.16	2.65	3.13	3.62	4.11	4.29	14	1.65	1.91	2.28	2.66	3.25	3.38	4.29									
SATU PENYANGGA ONE ROW PROPS	2.75	10	10	10	10	11	12	15	9	2.64	3.24	3.83	4.30	4.42	4.29	15	2.09	2.25	3.02	3.11	3.18	3.12	3.33								
	3.00	10	10	10	11	12	13	9	3.17	3.87	4.10	4.28	4.12	4.34	9	2.51	3.07	3.25	3.38	3.12	3.49	3.35									
	3.25	11	11	12	13	14	10	3.41	4.13	4.87	4.65	4.13	5.22	10	2.70	3.27	3.84	3.29	3.82	4.14	4.51										
	3.50	12	12	12	13	15	11	3.68	4.11	4.12	5.18	5.24	5.64	11	2.90	3.14	4.09	4.28	4.38	4.46	4.15										
	3.75	13	13	13	13	14	11	4.22	5.11	5.11	5.99	5.83	5.48	11	3.30	3.44	4.13	4.37	4.61	4.14	4.81										
DUA BARU PENYANGGA TWO ROW PROPS	4.00	14	14	14	14	15	12	4.55	5.42	6.33	6.34	6.24	6.55	12	3.59	4.28	4.28	4.99	4.48	5.13	5.17										
	4.50						13	5.19	6.51	7.44	7.06	6.57	7.53	13	4.34	5.14	5.14	5.58	5.58												
	4.90						16	6.30	7.75	8.75	8.90			15	4.90	5.73	5.73	6.58													

- BEBAN BERGUNA DALAM TAB
- MUTU BAJA TULANGAN U - 48

Plan of Hoistway & Machine Room



Section of Hoistway



Standard Dimensions & Reactions

		[Unit: mm]																	
Speed (m/sec)	Capacity	Clear Opening	Car				Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction (kg)			Pit Reaction (kg)	
			Internal		External		1Car	2Car	3Car	Depth	1Car	2Car	3Car	Depth	R1	R2	R3	R4	
			Persons		CA	CB	A	B	X1	X2	X3	Y	MX1	MX2	MX3	MY			
1	6	450	800	1400	× 850	1460	× 1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000	5200	4300
	8	550	800	1400	× 1030	1460	× 1185	1800	3700	5600	1410	2000	4000	6000	3400	4050	2250	5800	4700
	9	600	800	1400	× 1130	1460	× 1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450	6100	4900
	10	700	800	1400	× 1250	1460	× 1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700	6400	5200
	11	750	800	1400	× 1350	1460	× 1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800	6900	5400
	13	900	900	1600	× 1350	1660	× 1555	2050	4200	6350	1980	2300	4400	6800	3750	5100	3750	7900	6100
1.5	15	1000	900	1600	× 1500	1660	× 1655	2050	4200	6350	2130	2300	4400	6800	3850	5450	4300	8400	6400
	17	1150	1000	1800	× 1500	1900	× 1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900	6400	5100	10800	8500
1.75	20	1350	1100	2000	× 1350	2100	× 1520	2550	5200	7850	2300	2800	5250	8300	3800				
			1000	1800	× 1700	1900	× 1870	2350	4800	7250	2380	2600	4900	7500	4200	7800	6000	11800	9100
			1100	2000	× 1500	2100	× 1670	2550	5200	7850	2180	2600	5250	8300	4000				
24	1600	1100	2000	× 1750	2100	× 1920	2550	5200	7850	2430	2900	5400	8300	4200	8500	6800	13100	9900	
			2150	× 1600	2250	× 1700	2700	5600	8300	2280	3000	5650	8700	4200					

Notes

1. Above hoistway dimensions are based on 15-storied buildings. For application to over 16-storied buildings, the hoistway dimensions shall be at least 5% larger considering the sloping of the hoistways.
2. Above dimensions are based on center opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.
3. When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.
4. The capacity in persons is calculated at 65kg/person. (EN81-75kg/person)
5. Above dimensions are applied in case the door is standard. In case fire protection door that the clear opening is over 1000mm is applied, hoistway size for 1 car should be applied above X1 dimension plus 100mm.

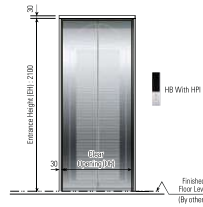
(Unit : mm)			
Speed (m/sec)	Overhead (OH)	Pit (PP)	M/C Room Height (MH)
1	4600	1500	2200
1.5	4800	1800	2400
1.75	5000	2100	2400

Notes : 1. The minimum hoistway dimensions are shown on the above table. Therefore, some allowances should be made considering the sloping of the hoistways.
2. Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.
3. The minimum machine room height should be 2800mm in case of the traction machine with double isolation pad.

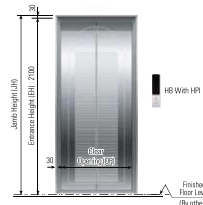
Typical Entrance Layouts

Typical Entrance Layouts — Only for Floor with Control Panel of the Machine-Room-Less Elevators

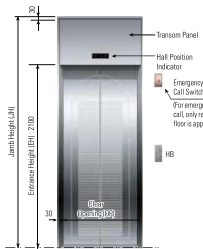
Entrance



JP050 Type (Standard)

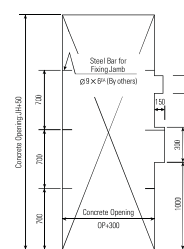
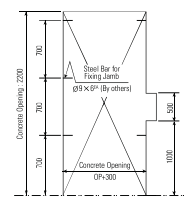
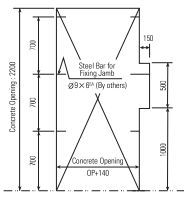


JP100 Type (Optional)

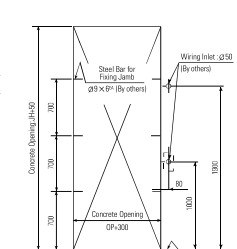
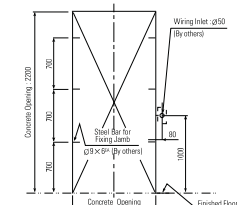
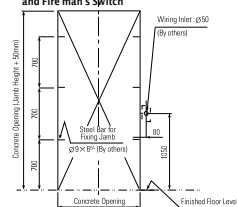


JP200 Type (Optional)

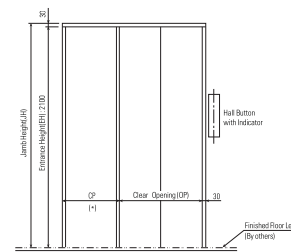
Structural Opening of Entrance



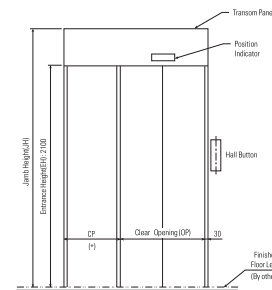
In case of Boxless Type Buttons and Fire man's Switch



Entrance Design

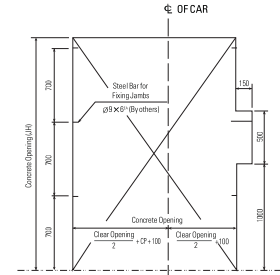


CP110 Type (Standard)

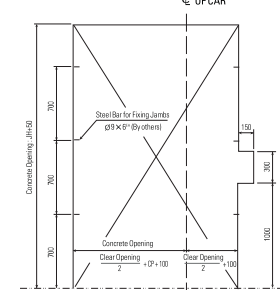


CP210 Type (Optional)

Structural Opening of Entrance



CP110 Type (Standard)

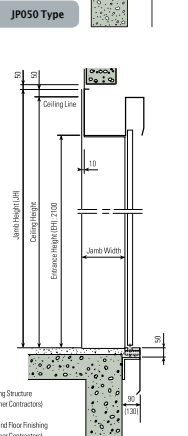
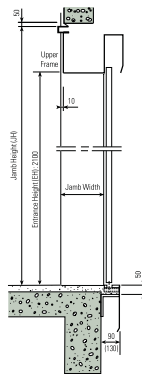
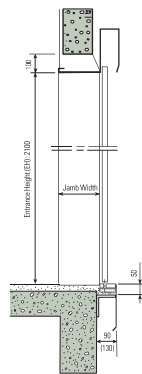
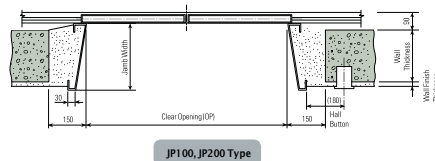
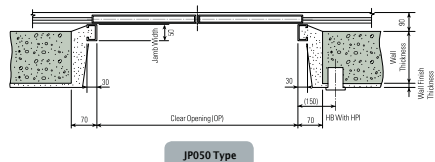


CP210 Type (Optional)

(Unit : mm)		
Persons	Speed (m/sec)	Width of Control Panel (CP)(+)
8~17	Under 1.75	530
	1	530
	1.5	630
20, 24	1.75	630

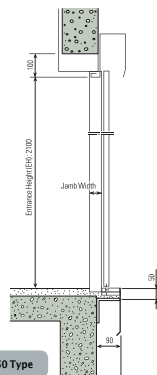
Typical Entrance Layouts – 2-Panel Center-Opening Doors (CO)

Plan of Entrance



Note: The dimension in 1/8 is applied for 2m/sec and over.

Section Entrance



Works To Be Done By Other Contractors

The following works are not included in the elevator contract, and shall be done by other contractors in accordance with the Hyundai Elevator's drawings and the applicable codes and regulations. The reference rules shown are from Code ANSI.

Building Work

Hoistway

1. Clear, plumb hoistway with fire resistant hatch walls as required by the applicable code. (Rule 100.1a)
2. 75° bevel guards on all projections, recesses, or setbacks over 50mm except on side used for loading or unloading. (Rule 100.6)
3. Venting of the hoistway as required by the applicable code or responsible authority. (Rule 100.4)
4. Supports for rail brackets at each floor, roof, and machine room. (Rule 200.9)
Maximum allowable vertical spacing of rail supports without backing. (Rule 200.4 and 301.1) Divider beams 100mm between hoistway at each floor and roof, for guide rail bracket supports. (Rule 200.4, 200.9 and 301.1)
5. Recesses supports and patching as required to accommodate hall button boxes, signal fixtures, etc.
6. All barricades either outside elevator hoistways or between inside hoistways as required.
7. Dry pit reinforced to sustain normal vertical forces from rails and buffers. (Rule 106.1b and 109) Consult Hyundai Elevator Company for rail forces and buffer impacts. Where there is space below the pit floor that can be occupied, consult Hyundai Elevator Company for special requirements. (Rule 300.4) Cylinder hole, casings under the pit as required, and backfilling around the cylinder casings when direct plunger type is to be installed.
8. Where access to the pit is by means of the lowest hoistway entrance, vertical iron ladder extending 1060mm minimum above sill of access door. (Rule 106.1d)
9. Entrance walls and finished floor are not to be constructed until after door frames and sills are in place. Door frames are to be anchored to walls and properly grouted in place to maintain legal fire rating.
10. For application as indoor or outdoor observation elevator, a glass enclosure of at least 3.6m in height at the bottom landing is recommended for safety. For use as an outdoor observation elevator, a full-height glass enclosure is required.

Machine Room

11. Enclosed and protected machine room. (Rule 101.1)
12. Access to the machine room and machinery space as required by the applicable code or responsible authority. (Rule 101.3)
13. Reinforced concrete machine room floor slab or grating, as specified, which must not be placed over the hoistway until elevator machinery is set in position. (Rule 100.3 for Traction Elevator)
Clear access above ceiling or trench in floor, for oil line and wiring duct from machine room, if machine room is remote from elevator hoistway. (For Hydraulic Elevator) Cutout through machine room wall, for oil line and wiring duct as required by Hyundai Elevator's shop drawings. (For Hydraulic Elevator)
14. Hoisting beams, trap doors, and other means of access to machine room for maintenance and equipment removal purposes. (Rule 101.3d)
15. Cable guards in the machine room or secondary level. (Rule 104.1)
16. Supports for machine and sheave beams and reactions including wall pockets and patching after beams are set in place. (Rule 105.1 to 105.5)

Electrical Work

Hoistway

1. Light outlet for each elevator, in center of hoistway (or in machine room) as indicated by Hyundai Elevator Company.
2. Convenience outlet and light fixture in pit with switch located adjacent to the access door. (Rule 106.1e)
3. Wiring and piping work of emergency bell, interphone, etc. Outside the hoistway and the machine room.

Machine Room

4. Lighting, convenience outlets, ventilation, heating of machine room, and machinery space. (Rule 101.5)
5. Temperature should be maintained below 40° by a ventilating fan and/or air conditioner, if necessary, and humidity below 90%.
6. A fused disconnect switch or circuit breaker for each elevator and light switch located per the applicable code and where practicable located adjacent to the door of the machine room. (Rule 210.5 and 306.7)
7. Feeder and branch wiring to the controller, including main-line switch and convenience outlets.
8. Suitable power feeder and branch wiring circuits as required for elevators with power-operated doors, including disconnect switch or circuit breaker.

Emergency Provisions

9. Elevator fireman's and other emergency services wiring and interconnections to automatic sprinkler systems or heat and smoke sensing devices furnished by others and installed to terminal points on the elevator controllers.
10. When emergency power operation of elevators is required, the electrical contractor should coordinate with Hyundai Elevator Company or local distributor for operation requirements.
11. Elevator fireman's and other emergency service requirements may differ from each country. Consult Hyundai Elevator Company or local distributor for other local requirements.
12. When provisions for earthquake protection are required, consult Hyundai Elevator Company for special requirements.

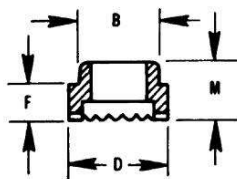
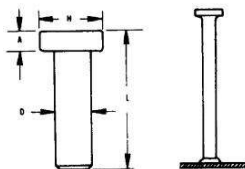
Heat Emission of Machine Room

$$Q(kcal/H) = W \times V \times F \times N$$

W: Capacity (kg) V: Speed (m/sec)
F: Factor (1/40, VWF) N: Number of cars



SHEAR CONNECTOR STUD



For welding to fillet or heel of angle consult
SWA representative for ferrule part number.

1" DIAMETER SHEAR CONNECTORS									
Stud Specifications			Ferrule Specifications						
D	H	A	Type	No.	D	B	F	M	
1	1 ⁵ / ₈	1/2	Flat Surface	FF-100	1.625	1.416	.633	.835	

Standard Length	Weight (lbs) Per 1000	Part Number	Pieces Per Standard Box
4 ¹ / ₄	1133	SC1000425	75
5 ¹ / ₄	1383	SC1000525	60
6 ¹ / ₄	1600	SC1000625	60
8 ¹ / ₄	2050	SC1000825	40
9 ¹ / ₄	2225	SC1000925	40

Mechanical Property Requirements

	Type A ¹	Type B ²
Tensile strength	55,000 psi min (380 MPa)	60,000 psi min (415 MPa)
Yield strength (0.2% offset)	—	50,000 psi min (345 MPa)
Elongation % in 2 in.	17% min	20% min
Reduction of area	50% min	50% min

¹ Type A studs shall be general purpose of any type and size used for purposes other than shear transfer in composite beam design and construction.

² Type B studs shall be studs that are heated, bent, or of other configuration in 1/2 in. (12.7 mm), 5/8 in. (15.9 mm), 3/4 in. (19mm), 7/8 in. (22.2 mm) and 1 in. (25.4 mm) diameter that are used as an essential component in composite beam design and construction.

SHEAR CONNECTOR STUDS are designed to effectively tie the concrete to the steel beams and to resist shear loadings between the concrete slab and steel beam in composite construction. All orders for studs include required ferrules.

LENGTH: Length is before weld. Studs will be approximately 1/4" shorter after welding. Lengths for shear connector studs are generally set by governing specifications. Consult your SWA representative for other lengths available for specific applications.

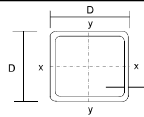
MATERIAL: Low carbon steel.

STUD WELDING PRODUCTS, INC.

Los Angeles • San Francisco • Seattle

Toll Free: (800) 252-1919 • www.studweldprod.com

Super Hot Columns



Submerged arc welded steel tubes

Designation	Mass	Area	Second	Radius	Elastic	Plastic	Torsional	Surface		
Size	Thickness	Per	Moment	Of	Modulus	Modulus	Constant	Area		
D	t	Metre	Of Inertia	Gyration	Z	S	J	C		
mm	mm	kg/m	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³		
450x450	25	321	409	120600	17.2	5359	6427	197700	8088	1.71
	28	355	452	131200	17.0	5830	7047	217300	8813	1.70
	32	399	509	144100	16.8	6404	7826	242000	9707	1.69
500x500	25	360	459	169400	19.2	6778	8074	275300	10220	1.91
	28	399	508	184900	19.1	7396	8874	303300	11160	1.90
	32	450	573	204000	18.9	8161	9886	338900	12340	1.89
	36	498	635	221500	18.7	8860	10840	372500	13430	1.88
550x550	25	399	509	230000	21.3	8362	9909	371000	12590	2.11
	28	443	564	251600	21.1	9149	10910	409400	13790	2.10
	32	500	637	278600	20.9	10130	12190	458600	15300	2.09
	36	555	707	303500	20.7	11040	13400	505400	16700	2.08
	40	608	775	326500	20.5	11870	14540	549800	18000	2.06
600x600	25	439	559	303400	23.3	10110	11930	486600	15220	2.31
	28	487	620	332700	23.2	11090	13160	537700	16700	2.30
	32	550	701	369400	23.0	12310	14730	603400	18570	2.29
	36	611	779	403700	22.8	13460	16220	666300	20330	2.28
	40	671	855	435500	22.6	14520	17640	726400	21970	2.26
	45	743	947	472000	22.3	15730	19320	797600	23880	2.25
	50	813	1036	504900	22.1	16830	20880	864200	25610	2.23
650x650	25	478	609	391000	25.3	12030	14140	623900	18100	2.51
	28	531	676	429500	25.2	13220	15620	690300	19890	2.50
	32	600	765	478100	25.0	14710	17510	775900	22170	2.49
	36	668	851	523700	24.8	16110	19320	858200	24320	2.48
	40	734	935	566400	24.6	17430	21050	937200	26340	2.46
	45	814	1037	615900	24.4	18950	23100	1031000	28700	2.45
	50	891	1136	661000	24.1	20340	25030	1120000	30880	2.43
	60	1040	1323	739100	23.6	22740	28530	1282000	34720	2.39
700x700	25	517	659	494100	27.4	14120	16540	784900	21220	2.71
	28	575	732	543500	27.2	15530	18280	869200	23360	2.70
	32	651	829	606200	27.0	17320	20530	978300	26080	2.69
	36	724	923	665400	26.9	19010	22670	1084000	28660	2.68
	40	797	1015	721200	26.7	20610	24760	1185000	31110	2.66
	45	885	1127	786300	26.4	22470	27220	1307000	33980	2.65
	50	970	1236	846300	26.2	24180	29560	1422000	36650	2.63
	60	1130	1443	951700	25.7	27190	33830	1635000	41410	2.59
750x750	25	556	709	613800	29.4	16370	19120	971300	24600	2.91
	28	619	788	676000	29.3	18030	21160	1077000	27110	2.90
	32	701	893	755300	29.1	20140	23790	1213000	30320	2.89
	36	781	995	830600	28.9	22150	26320	1345000	33370	2.88
	40	859	1095	901900	28.7	24050	28760	1473000	36280	2.86
	45	955	1217	985500	28.5	26280	31680	1627000	39710	2.85
	50	1050	1336	1063000	28.2	28350	34460	1774000	42920	2.83
	60	1230	1563	1202000	27.7	32040	39590	2046000	48700	2.79
800x800	25	596	759	751500	31.5	18790	31900	1185000	28220	3.11
	28	663	844	828500	31.3	20710	34250	1315000	31140	3.10
	32	751	957	927100	31.1	23180	37290	1483000	34870	3.09
	36	837	1067	1021000	30.9	25530	40230	1646000	38440	3.08
	40	922	1175	1110000	30.7	27760	43070	1804000	41840	3.06
	45	1030	1307	1216000	30.5	30400	46480	1995000	45880	3.05
	50	1130	1436	1314000	30.3	32860	49740	2178000	49680	3.03
	60	1320	1683	1492000	29.8	37290	57590	2521000	56590	2.99



PT. GUNUNG RAJA PAKSI

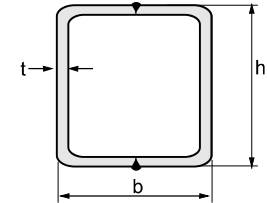
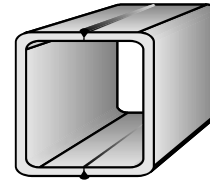
Steel Is Our Business

(COLD FORMED)

SQUARE HOLLOW SECTION

METRIC SIZE

DIMENSION	H	B	t	R	WEIGHT	AREA	MOMENT OF INERTIA	MOMENT OF RESISTANT	RADIUS OF GYRATION
							$I_x = I_y$	$Z_x = Z_y$	$i_x = i_y$
	mm	mm	mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
180	180	6,30	18	33,56	42,41	2,095,65	232,85	7,03	
180	180	8,00	18	41,92	52,84	2,545,86	282,87	6,94	
180	180	10,00	18	51,36	64,57	3,016,80	338,20	6,84	
220	220	6,30	18	41,48	52,49	3,939,93	358,18	8,66	
220	220	8,00	18	51,96	65,64	4,828,01	438,91	8,58	
220	220	10,00	18	63,92	80,57	5,782,46	525,68	8,47	
200	200	8,00	18	46,94	59,24	3,566,25	356,63	7,76	
200	200	9,00	18	52,34	66,67	3,990,00	399,00	7,73	
200	200	10,00	18	57,64	72,57	4,251,06	425,11	7,65	
200	200	12,00	18	67,92	86,53	4,980,00	498,00	7,59	
250	250	8,00	18	59,50	75,24	7,229,20	578,34	9,80	
250	250	9,00	18	66,48	84,67	8,090,00	647,00	9,78	
250	250	10,00	18	73,34	92,67	8,706,67	696,53	9,70	
250	250	12,00	18	86,76	110,50	10,300,00	820,00	9,63	
250	250	16,00	45	112,38	138,80	12,000,00	964,00	9,32	
260	260	6,30	18	49,38	62,57	6,634,95	510,38	10,30	
260	260	8,00	18	62,00	78,44	8,178,02	629,08	10,21	
260	260	10,00	18	76,48	96,57	9,864,65	758,82	10,11	
260	260	11,00	18	83,56	105,41	10,656,87	819,76	10,06	
300	300	8,00	18	72,06	91,24	12,800,69	853,38	11,84	
300	300	9,00	18	80,60	102,70	14,300,00	956,00	11,80	
300	300	10,00	18	89,04	112,57	15,519,37	1,034,62	11,74	
300	300	12,00	18	105,60	134,50	18,300,00	1,220,00	11,70	
300	300	16,00	45	137,50	170,80	22,100,00	1,410,00	11,40	
350	350	9,00	18	94,74	120,70	23,200,00	1,320,00	13,90	
350	350	12,00	18	124,44	158,50	29,800,00	1,700,00	13,70	
350	350	16,00	45	162,62	202,80	36,500,00	2,090,00	13,40	
350	350	19,00	45	190,18	233,80	40,700,00	2,320,00	13,20	
400	400	12,00	18	143,28	180,10	44,300,00	2,220,00	15,70	
400	400	16,00	45	187,74	234,80	56,200,00	2,810,00	15,50	
400	400	19,00	45	220,02	271,80	63,100,00	3,160,00	15,20	
400	400	22,00	75	251,34	300,20	66,200,00	3,310,00	14,80	
400	400	25,00	75	281,74	346,00	76,500,00	3,830,00	14,90	
450	450	12,00	18	162,12	204,10	64,200,00	2,850,00	17,70	
450	450	16,00	45	212,88	268,80	81,800,00	3,640,00	17,50	
450	450	19,00	45	249,84	309,80	92,600,00	4,120,00	17,80	
450	450	22,00	75	285,88	344,20	98,500,00	4,380,00	16,90	
450	450	25,00	75	321,00	396,00	113,600,00	5,050,00	16,90	
500	500	12,00	18	180,96	228,10	89,300,00	3,570,00	19,80	
500	500	16,00	45	237,98	298,80	114,000,00	4,570,00	19,60	
500	500	19,00	45	279,68	347,80	130,000,00	5,200,00	19,30	
500	500	22,00	75	320,42	388,20	140,000,00	5,590,00	19,00	
500	500	25,00	75	360,24	446,00	160,900,00	6,440,00	19,00	
550	550	12,00	18	199,80	252,10	120,100,00	4,370,00	21,80	
550	550	16,00	45	263,10	330,80	154,500,00	5,620,00	21,60	
550	550	19,00	45	309,50	388,10	179,500,00	6,490,00	21,40	
550	550	22,00	75	354,96	443,90	200,800,00	7,300,00	21,30	
550	550	25,00	75	399,50	496,00	219,800,00	7,990,00	21,00	
600	600	12,00	18	218,64	276,10	157,300,00	5,240,00	23,80	
600	600	16,00	45	288,22	362,80	203,000,00	6,770,00	23,70	
600	600	19,00	45	339,34	426,10	235,100,00	7,840,00	23,50	
600	600	22,00	75	389,50	487,90	265,200,00	8,840,00	23,30	
600	600	25,00	75	438,74	546,00	291,400,00	9,710,00	23,10	
650	650	12,00	18	237,48	300,10	201,500,00	6,200,00	25,90	
650	650	16,00	45	313,34	394,80	260,800,00	8,020,00	25,70	
650	650	19,00	45	369,16	464,10	302,500,00	9,310,00	25,50	
650	650	22,00	75	424,04	521,90	342,100,00	10,520,00	25,40	
650	650	25,00	75	478,00	596,00	377,000,00	11,600,00	25,10	
700	700	12,00	18	256,32	324,10	253,300,00	7,240,00	28,00	
700	700	16,00	45	338,46	426,80	328,500,00	9,380,00	27,70	
700	700	19,00	45	399,00	502,10	381,800,00	10,910,00	27,60	
700	700	22,00	75	458,58	575,90	432,500,00	12,360,00	27,40	
700	700	25,00	75	517,24	646,00	477,900,00	13,650,00	27,20	



CHEMICAL COMPOSITION

GRADE	C (%) Max	Mn (%)	Si (%)	P (%) Max	S (%) Max
SS 400	-	-	-	0.040	0.040
A 36	0.25	1.40	1.40	0.040	0.040
SM 490 A & B	0.20	1.60 Max	0.55Max	0.035	0.035
GR 50 A	0.23	1.60 Max	0.55Max	0.050	0.050

MECHANICAL PROPERTIES

GRADE	Y.S (Mpa)			T.S (Mpa)	E (%)
	t ≤ 16 mm	16 mm < t ≤ 40 mm	t ≤ 40 mm		
SS 400	245	235	215	400 - 510	21
A 36	250	250	250	400 - 550	20
SM 490 A & B	325	315	295	490 - 610	17
GR 50 A	355	345	340	490 - 640	18

NOTE :

- Standard length 6 m and 12 m
- Thickness Max. 25 mm
- Other specification/standard size on request can also be supplied
- Size 100 x 100 S/d 1000 x 1000 mm

continue.....>>

www.grdsteel.com

HEAD OFFICE & FACTORY

Jl. Imam Bonjol 4, Warung Bongkok,
Sukadana, Cikarang Barat,

Bekasi 17520, West Java, INDONESIA

Forming Department

Phone DMD : (62-21) 898 38 291 - 296

Phone Flexy : (021) 7085 3154 - 158

Fax : (62-21) 898 38 298

e-mail : pji01@grdsteeLcom

pji02@grdsteeLcom

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
PROGRAM SARJANA (S1) DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK – ITS

BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
SEMINAR DAN LISAN
TUGAS AKHIR

Pada hari ini **Senin tanggal 14 Januari 2019** jam **09:00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111440000061	Fanny Ramadhan	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Swiss-Bellin Surabaya Menggunakan Sistem Struktur Buckling Restrained Braced Frames (BRBF)


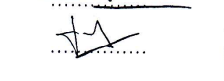
1. Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

*Abstraknya kepanjangan, daftar pustaka diperbaiki,
konsep perhitungan BRBF, perhitungan balok anak ke
balok induk. konsep momen envelope, pemodelan BRB
pada ETABS gambar dicek lagi, kps dicek lagi*

2. Rentang nilai dari hasil diskusi Tim Penguji Tugas Akhir adalah : A / AB / B / BC / C / D / E

3. Dengan hasil ujian (wajib dibacakan oleh Ketua Sidang di depan Peserta Ujian dan Penguji) :

- ☐ Lulus Tanpa Perbaikan ☐ Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
☒ Lulus Dengan Perbaikan ☐ Mengulang Ujian Lisan

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Budi Suswanto, ST. MT. PhD (Pembimbing I)	
Dr. Ir. Hidajat Soegihardjo M., MS.	
Prof. Dr. Ir. Triwulan	


Surabaya, 14 Januari 2019

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1



Dr. techn. Umboro Lasminto, ST. MSc
NIP 19721202 199802 1 001

Ketua Sidang



(Dr. Ir. Hidajat Soegihardjo M. MS)



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukotilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
NAMA MAHASISWA	: FANNY RAMADHAN
NRP	: 03111440000061
JUDUL TUGAS AKHIR	: MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL SWISS-BELIN SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM STRUKTUR BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES (BRBF)
TANGGAL PROPOSAL	: 16 APRIL 2018
NO. SP-MMTA	: 039271 / IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	03/09/18	Perencanaan pelat dan balok anak.	Perencanaan balok lift	
2	05/09/18	Perencanaan balok lift	Perencanaan tangga	
3	12/09/18	Perencanaan tangga	Permodelan struktur	
4	24/09/18	Permodelan struktur dan perencanaan balok induk	Perencanaan kolom	
5	03/10/18	Perencanaan kolom	Perencanaan bracing	
6	08/10/18	Perencanaan bracing	Perencanaan sambungan	
7	23/10/18	Perencanaan sambungan	Perencanaan basement	
8	29/11/18	Perencanaan basement	Perencanaan pondasi	
9	6/11/18	Perencanaan pondasi	Penggambaran teknik	
10	27/11/18	Penggambaran teknik	Penggambaran st. bawah	
11		Penggambaran st. bawah	Penggambaran final	



Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
NAMA MAHASISWA	: FANNY RAMADHAN
NRP	: 0311149000061
JUDUL TUGAS AKHIR	: MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR LEDUNG HOTEL SWISS-BELLIN SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM STRUKTUR BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES (BRBF)
TANGGAL PROPOSAL	: 16 APRIL 2018
NO.SP-MMTA	: 039271 / IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00/2018

[illegible]

BIODATA PENULIS



Fanny Ramadhan

Lahir di Sidoarjo pada tanggal 14 Februari 1996, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Kenongo 1 Sidoarjo, SMPN 1 Tulangan Sidoarjo, SMAN 1 Sidoarjo, dan pada tahun 2014 penulis melanjutkan pendidikan Sarjana (S-1) di Departemen Teknik Sipil FTSLK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, terdaftar dengan NRP 03111440000061. Penulis mengambil bidang studi struktur dengan judul Tugas Akhir **“Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Swiss-Bellin Surabaya Menggunakan Struktur *Buckling Restrained Braced Frames (BRBF)*”**. Penulis juga sempat aktif di beberapa kegiatan dan organisasi yang ada di kampus ITS.

Contact Person :

Email : fannyrmdhnw@gmail.com